

NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR BIOØKONOMI

Verdikjeder for biokull i Norge

Status, utfordringer og virkemidler for bruk i jordbruket

NIBIO RAPPORT | VOL. 7 | NR. 138 | 2021



Anne Strøm Prestvik og Stine Lilleby

Divisjon for matproduksjon og samfunn og divisjon for miljø og naturressurser

VISIT…

LANZAROTE
Caliente.COM

TITTEL/TITLE

Verdikjeder for biokull i Norge

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Anne Strøm Prestvik og Stine Lilleby

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKTNR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
05.07.2021	7/138/2021	Åpen	11085	17/02581

ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:
978-82-17-02893-2	2464-1162	39	

OPPDRAGSGIVER/EMPLOYER:	KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:
Oppdragsgiver	Kontaktperson

STIKKORD/KEYWORDS:	FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:
Biokull, karbonlagring, jorbruk	Samfunnsøkonomi
Biochar, carbon storage, agriculture	Economics

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Det er økende interesse for biokull i Norge og denne rapporten er basert på intervju med aktører som enten er i gang med eller skal begynne med biokullproduksjon eller produkter med biokull. Rapporten legger fram informantenes beskrivelse av de utfordringene og mulighetene de har i dag, inkludert bruk av forskjellige råstoff, forskjellige bruksområder, marked og virkemidler for økt etterspørsel etter biokull i jordbruket, samt en vurdering av de mest lovende verdikjedene for biokull til bruk i jordbruket i dag.

LAND/COUNTRY:	Norge
FYLKE/COUNTY:	Oslo
KOMMUNE/MUNICIPALITY:	Oslo
STED/LOKALITET:	Oslo

GODKJENT /APPROVED	PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER
Audun Korsæth	Daniel Rasse
NAVN/NAME	NAVN/NAME



NIBIO
NORSK INSTITUTT FOR BIOØKONOMI

Forord

Interessen for biokull i Norge er økende og utviklingen skjer raskt. Denne rapporten er et øyeblikksbilde av biokullproduksjon for karbonlagring og annen bruk (ikke brensel), sett gjennom noen av dagens produsenter og potensielle produsenter. Rapporten er en del av forskningsprosjektet Carbo-Fertil, som er finansiert av Norges Forskningsråd (prosjektkode 281113). Anne Strøm Prestvik har ledet arbeidet med innsamling av data og rapportskriving, mens Stine Lilleby har gjennomført intervjuene, fulgt opp informantene slik at de fikk kvalitetssikre sine utsagn, laget figurer og vært medforfatter. Vi ønsker å takke alle våre informanter som villig stilte opp til digitale intervju og delte av sine planer og utfordringer. Takk også til kolleger i NIBIO som har kommet med innspill til innholdet underveis, særlig til Asbjørn Veidal som har fungert som fagfelle for kvalitetssikring av rapporten, og til Anne Bente Ellevold som har ferdigstilt rapporten for publisering.

Oslo, 05.07.21

Anne Strøm Prestvik

Innhold

Sammendrag ... 5
1 Innledning ... 6
1.1 Biokull som klimatiltak ... 6
1.2 Definisjoner og begrepsavklaringer ... 7
1.3 Metode ... 7
1.3.1 Informanter ... 7
1.3.2 Verdikjedeperspektivet og rammeverk for analyse ... 8
2 Utfordringer og muligheter for biokullproduksjon i Norge ... 10
2.1 Råstoff for biokullproduksjon ... 10
2.1.1 «Rene» råstoff ... 10
2.1.2 Sidestrømmer og avfall – «urene» råstoff ... 11
2.2 Teknologi og produksjon ... 12
2.3 Produksjon og økonomi ... 13
2.3.1 Investeringskostnader ... 13
2.3.2 Produksjonskostnader ... 14
2.3.3 Andre kostnader ... 14
2.3.4 Lønnsomhet i biokullproduksjon ... 15
2.3.5 Markedspris for biokull ... 15
2.4 Bruk av biokull og marked ... 16
2.4.1 Dyrefôr ... 17
2.4.2 Hagebruk ... 22
2.4.3 Biokull til jord, med eller uten gjødsel ... 22
2.4.4 Treplanting i by ... 23
2.4.5 Vannrensing og filtrering ... 24
2.4.6 Annet bruk av biokull ... 24
2.5 Sertifisering og kvalitetssikring ... 24
2.6 Effekt på karbonlagring ... 25
2.7 Tilskudd og betaling for karbonlagring ... 25
2.8 Utfordringer for biokull i Norge ... 25
2.8.1 Teknologiutvikling ... 26
2.8.2 Produktutvikling ... 26
2.8.3 Regelverk og rammevilkår ... 27
2.8.4 Etterspørsel ... 27
2.8.5 Kobling til klimatiltak og -politikk ... 27
3 Diskusjon: Verdikjeder for biokull i Norge ... 29
3.1 Drivkrefter for biokullproduksjon i Norge i dag ... 29
3.2 Ubehandlet biokull til jordbruket ... 29
3.3 Biokullprodukter til jordbruket ... 30
3.4 Biokull og biokullprodukter med uavklarte verdikjeder ... 31
3.5 Konkurrerende verdikjeder ... 33
4 Avsluttende kommentar ... 35
Litteraturreferanser ... 36

Sammendrag

Denne rapporten er en del av forskningsprosjektet Carbo-Fertil[1] (2018-2021) og resultat av en undersøkelse av hvordan verdikjeden for biokull vil se ut i Norge, hvilke utfordringer særlig biokullprodusentene har, og mulige tiltak og virkemidler som kan legge til rette for økt biokullproduksjon til bruk i jordbruket.

Gjennom intervjuer med utvalgte foretak som er i gang med biokullproduksjon eller som har konkrete planer for det, har vi lært at det i dag etablert noen markeder for biokull i Norge og i Sverige, hovedsakelig for treplanting i by, kjæledyrfôr og hageeiere. Av disse er treplanting i bymiljø det markedet som virker mest lovende for biokullprodusentene i dag på grunn av mengdene dette markedet etterspør og betalingsvilligheten. Selv om dette markedet er etablert i Sverige og gjenstår det å se om dette vil slå an i Norge.

Det vanligste råstoffet i biokullproduksjon i dag er rent tre, særlig treflis av energivirke. Men avfallsbransjen er opptatt av å kunne ta i bruk pyrolyse og biokullproduksjon også fra råstoffer som kan klassifiseres som avfall. Dette kan imidlertid gi noen begrensninger for bruk av biokullet, særlig i jordbruket. Jordbrukssektorens betalingsvillighet for ubehandlet biokull blir oppgitt som en av de viktigste barrierene for oppskalert produksjon og bruk av biokull i jordbruket i dag.

For jordbruket er det i dag to biokullprodukter under utvikling som kan vise seg å bli lønnsomme for biokullprodusentene: biokull i dyrefôr og gjødselblanding med biokull. Dette forutsetter at disse produktene gir bonden en merverdi i form av forbedret dyrehelse og økt jordkvalitet med avlingsøkning og/eller kostnadsbesparelser. Basert på det foretakene oppgir vil vi anslå at markedsprisen på ubehandlet biokull vil ligge på over kr 8000 per tonn. Den høye prisen gjør at det trolig vil være en liten mengde biokull som ender opp i jord gjennom disse produktene. Disse produktene vil gjøre at biokull ender i jordbruksjord, men i såpass små mengder at det på kort sikt ikke vil utgjøre et storstilt kabonlagringstiltak i jordbruket. Konkurranse om råstoffer og alternativ bruk av biokullet kan bidra til at prisen vil fortsette å være høy også hvis markedet øker.

Vår undersøkelse viser at biokullprodusentene naturlig nok retter seg mot de markedene som har høyest betalingsvilje, uavhengig av hvilken bruk som er mest miljø- og klimavennlig. Selv om det er forventet at biokull har positive effekter både i dyrefôr og i gjødselblanding, har ikke den enkelte gårdbruker direkte nytte av karbonlagringen som biokullet bidra med. Frivillige markeder for karbonlagring kan være med å verdsette karbonlagring gjennom biokull. En sentral barriere for økt etterspørsel etter biokull i landbruket er mangel på økonomiske virkemidler. Et karbonlagringsstilskudd av en viss størrelse er antakelig det som må til for at biokull skal kunne bli et storskala klimatiltak i jordbruket, selv om vi forventer at enkelte biokullprodukter vil kunne bli lønnsomme for sluttbrukeren.

[1] Prosjektkode 281113 hos Norges forskningsråd

1 Innledning

Denne rapporten er en del av forskningsprosjektet Carbo-Fertil[2] som er finansiert av Norges forskningsråd gjennom Bionærprogrammet. Bakgrunnen for dette forskningsprosjektet er biokullets unike egenskaper som blant annet gir en stabil og sikker karbonlagring når det for eksempel tilføres jordbruksjord. Å øke karboninnholdet i jord ved tilførsel av biokull har stort potensial som klimatiltak, og kan i tillegg ha positive effekter for matproduksjonen, særlig blandet med gjødsel (Rasse m.fl. 2020). Produksjon av biokull er helt i startfasen i Norge, men det er interesse å spore blant mange forskjellige aktører, fra industriaktører til statlig og kommunal forvaltning og gårdbrukere.

I denne rapporten har vi undersøkt hvilke verdikjeder for biokull som er i ferd med å oppstå i Norge, hvilke utfordringer verdikjedene har, og mulige tiltak og virkemidler som kan legge til rette for økt biokullproduksjon for bruk i jordbruket. Vi har tatt utgangspunkt i de aktørene som er i gang med biokullproduksjon, eller har konkrete planer for det, og intervjuet et utvalg av disse. I intervjuene har vi fått høre deres erfaringer, planer og utfordringer med produksjon og bruk av biokull. Siden det finnes få aktører som produserer biokull i dag, har vi også snakket med aktører som ikke (i hvert fall i første omgang) retter sin produksjon mot jordbruket. Biokull kan også erstatte bruk av fossilt kull i blant annet prosessindustrien, men vi har ikke snakket med aktører som vil produsere biokull med dette som hovedformål.

Bare siden oppstart av forskningsprosjektet CarboFertil i 2018 har det skjedd mye knyttet til biokull i Norge og det er under rask utvikling. Dermed gir denne rapporten et øyeblikksbilde av produksjon av biokull i dag, samt barrierer og muligheter for biokull som klimatiltak i jordbruket. Om noen få år kan mye ha endret seg, og verdikjedene kan stå overfor andre muligheter og utfordringer.

I det neste kapitlet gir vi en kort bakgrunn for interessen for biokull som klimatiltak i jordbruket og hvordan vi har gått fram for å undersøke verdikjedene for biokull i Norge. Deretter følger kapitlet «Verdikjeder for biokull» hvor vi i størst mulig grad gjengir det informantene fortalte oss om deres erfaringer og oppfatninger, som er sortert på en rekke forskjellige tema. En del utfordringer og forslag til tiltak og virkemidler går igjen, men aktørene vi snakket med representerer også forskjellige pyrolyseteknologier, råstoff, bruk og behandling av biokull. I gjengivelsen av intervjuene har vi forsøkt å anonymisere opplysninger gitt av den enkelte aktøren, men siden det er få aktører vil det likevel være mulig å gjenkjenne en del av dem. Vi har derfor latt våre informanter godkjenne opplysninger vi har fått fra dem. Vi opplever ikke at dette har vært begrensende for fremstilling av resultatene i denne studien og informantenes gjennomgang har også fungert som en nyttig faktasjekk.

I det siste kapitlet i rapporten gjør vi en vurdering av mulighetene for verdikjeder som leverer biokull og biokullprodukter til jordbruket. Her gjør vi vår egen vurdering, sammen med annen litteratur, for å si noe om hvilken betydning biokull kan få for jordbruket.

1.1 Biokull som klimatiltak

Biokull er et karbonrikt materiale som produseres under ufullstendig forbrenning av biomasse ved høy temperatur i en lukket beholder, med liten eller ingen tilgang til oksygen. Denne prosessen kalles pyrolyse og omformerer karbonforbindelsene i biomassen på molekylært nivå, slik at det blir motstandsdyktig mot biologisk nedbrytning og kan derfor lagres i jord i flere hundre år (Joner m.fl. 2017).

Karbonlagring i biokull blir av mange trukket fram som et av klimatiltakene med størst potensiale for jordbruket. I Klimakur 2030 er dette tiltaket beregnet å kunne lagre karbon tilsvarende et utslipp på 0,8 millioner tonn CO_2-ekvivalenter i perioden 2021-2030 (Miljødirektoratet mfl. 2020). Også

[2] Prosjektkode 281113 hos Norges forskningsråd

landbrukets klimaplan 2021-2030 trekker fram karbonlagring i jord som en mulighet som også styrker klimatilpasning, og biokull gir den største effekten for karbonlagring i jord. I 2020 var det imidlertid lite produksjon av biokull i Norge, og det er heller ikke et tiltak som kan bokføres i utslippsregnskap for Norge. Selv om ny metodikk for klimagassutslipp fra FNs klimapanel (IPCC Refinement 2019) åpner opp for at biokull kan bokføres i fremtiden, må det blant annet først utvikles en metodikk under norske forhold for dette. Klimakur 2030 påpeker at det mangler en verdikjede for biokull, og at det ikke er privatøkonomisk lønnsomt å tilføre biokull til jordbruksjord. Ny forskning og utvikling søker å bøte på dette, deriblant forskningsprosjektet Carbo-Fertil i NIBIO, som er finansiert av Norges Forskningsråd. Et formål med Carbo-Fertil er å vurdere teknologiske løsninger (pyrolyse, gjenvinning av næringsrikt avfall) for å lage gjødselprodukter som øker effekten av biokull som jordforbedrer.

1.2 Definisjoner og begrepsavklaringer

I denne rapporten har vi valgt å skille mellom ubehandlet biokull og biokullprodukter. Mens ubehandlet biokull er tenkt å tilsettes jord direkte, vil biokullprodukter blandes med for eksempel gjødsel eller kraftfôr.

Ubehandlet biokull har trolig liten bedriftsøkonomisk verdi for bonden på kort sikt fordi det ikke gir en direkte nytte ved tilførsel til jord, som for eksempel økte avlinger. Derimot kan et produkt som gjødselblanding eller dyrefôr beriket med biokull ha fordeler for bonden. Gjødsel med biokull kan forventes å ha positiv innvirkning på jordhelse og kan redusere gjødselbehovet, mens biokull i dyrefôr kan gi bedre tarmhelse hos husdyrene. Samtidig er ikke den enkelte bonde forpliktet til å gjennomføre klimatiltak på sitt gårdsbruk, og vi kan dermed ikke forvente at det enkelte bonde er interessert i å betale for biokullets karbonlagringsegenskaper. Karbonlagring har imidlertid stor nytte for samfunnet fordi det er et klimatiltak.

1.3 Metode

Vi har brukt kvalitative intervju med en intervjuguide med åpne spørsmål som metode for å samle inn data i denne undersøkelsen. Spørsmålene i intervjuguiden ble utviklet på bakgrunn av de problemstillingene som er utarbeidet til arbeidspakke 4 i CarboFertil-prosjektet, som overordnet omhandler lønnsomhet i nåværende eller potensielle verdikjeder for biokull og biokullprodukter. Temaer som råstoff, produkter/bruk, kostnader og priser, marked og barrierer står sentralt for å danne et bilde av mulige verdikjeder for biokull og biokullprodukter fremover. Ved prosjektets start i 2018 ble noen få foretak intervjuet i en uformell setting. Intervjuguiden var på det tidspunktet mer ustrukturert. Data fra disse intervjuene er ikke inkludert i denne rapporten, men ble benyttet som bakgrunnsinformasjon for å videreutvikle spørsmålene til de formelle intervjuene som er datagrunnlag for denne rapporten. Intervjuene som denne rapporten bygger på har foregått på Teams, med lydopptak for transkribering av intervjuene. Etter transkribering ble de viktigste temaene identifisert og sortert. Informasjon fra intervjuene er i stor grad gjengitt slik informantene har formulert seg. Intervjuguiden finnes i vedlegg 1.

1.3.1 Informanter

Det er få aktører som i dag produserer biokull i Norge, men en rekke bedrifter er i gang med utvikling av biokull eller produkter som inneholder biokull, tiltenkt ulike markeder. Ettersom denne undersøkelsen er en del av et forskningsprosjekt som omhandler biokullgjødsel, var målgruppen for intervjuer foretak som på nåværende tidspunkt vurderer eller planlegger å produsere biokull eller biokullprodukter som kan tilføres jord. Informantene ble identifisert gjennom medlemsregisteret til Norsk Biokullnettverk (etablert i 2019) eller ved at de har holdt foredrag om biokull under offentlig tilgjengelige webinarer. Totalt åtte av ni forespurte foretak ønsket å delta i denne undersøkelsen, hvorav sju av disse er biokullprodusenter og et foretak utvikler per i dag et biokullprodukt med

innkjøpt biokull. Ettersom utviklingen av marked for biokull har kommet lengre internasjonalt, har vi valgt å inkludere to virksomheter som har base i utlandet. I tillegg har vi snakket med Innovasjon Norge om verdiskapningsprogrammet for fornybar energi og teknologi i landbruket, som kan være relevant for landbruksforetak som vil investere i pyrolyseanlegg.

Vi gjennomførte kvalitative intervjuer i desember 2020 og januar 2021 over Teams. Et NSD-godkjent informasjonsskriv ble tilsendt deltagere i forkant av intervjuet, som har skriftlig samtykket til deltagelse i denne studien. I etterkant av intervjuet fikk alle deltagere mulighet til å gå igjennom gjengivelsen av deres informasjon i rapporten.

Selv om mange interessenter for biokullproduksjon har organisert seg i Norsk Biokullnettverk, er flere av aktørene å regne som konkurrenter. Det er følgelig viktig for foretakene at informasjonen anonymiseres. Det er en utfordring å sikre full anonymitet med et utvalg på åtte informanter i undersøkelsen der de fleste antagelig kjenner til hverandre. For å ivareta hensyn til anonymitet blir foretakene derfor kun referert til med referansekode *Foretak 1-8* i teksten der en spesifikk informant oppgis. Imidlertid er mesteparten av informasjonen presentert på en måte som ikke skal knytte sensitiv informasjon som priser og kostnader til den enkelte virksomhet. Tabell 1. gir en oversikt over fordelingen av foretak i ulike sektorer.

Tabell 1. Sektorer og antall informanter i hver sektor

Sektor	Antall
Avfall og gjenvinning	2
Fiskeri og aquakultur	1
Fornybar energi	2
Industri	1
Jordbruk	2

1.3.2 Verdikjedeperspektivet og rammeverk for analyse

En verdikjede defineres som «alle aktiviteter som trengs for å ta et produkt eller tjeneste fra design, gjennom alle stegene av produksjon, til levering til sluttbruker og til slutt avhending» (oversatt fra Hellin og Meijer 2006).

En verdikjedeanalyse brukes ofte for å se på de ulike leddene i en produksjon, fra råstoff til ferdig vare. Formålet kan være å analysere kostnader og barrierer, sammenligne forretningsmodeller, eller se på fordeling av ressurser og kartlegge viktige aktører. I nye verdikjeder og i umodne markeder, som for biokull, bruker vi et verdikjedeperspektiv for å si noe om hvordan markedet for biokull kan utvikle seg, og hvilke barrierer verdikjeden står ovenfor i dag. Figur 1 viser en enkel verdikjede for biokull som begynner med råstoffet. Avhengig av hva råstoffet består av, er det tilknyttet både kostnader og logistikk til eventuell høsting av råstoffet, frakt, og eventuell tørking og lagring. Teknologien, som for biokull vil si en pyrolyseovn, må være tilpasset det råstoffet som brukes, men vil også avgjøre i hvilken skala produksjonen vil foregå, hvordan energien utnyttes og eventuelle sidestrømmer. Råstoff, teknologi og produksjonen vil avgjøre kvaliteten på biokullet og hva det kan brukes til. I en del tilfeller vil biokullet få en etterbehandling før det kommer på markedet som et produkt. Gjeldende forskrifter og tolkningen av disse vil også ha noe å si for hva biokullet kan blir brukt til. Men det er særlig sluttbrukeren av biokullet, og dens betalingsvillighet som vil avgjøre hvor biokullet ender opp.



Figur 1. Illustrasjon av enkel verdikjede for biokull

En verdikjede kan bestå av mange aktører, fra leverandører av råstoff og teknologi, til aktører som står for produksjon, aktører som videreforedler, og sluttbrukere. For analyse av mulige verdikjeder for biokull i Norge har vi valgt å fokusere på produksjonsleddet og har i hovedsak intervjuet aktører som er involvert i produksjon av biokull. Dette fordi produksjon av biokull er såpass nytt at andre deler av verdikjeden, særlig bruk og utvikling av produkter med biokull, er veldig lite utviklet. Dermed ser vi på verdikjeden fra produsentene av biokull sitt perspektiv, og deres vurdering av de andre delene av verdikjeden, særlig råstoff og bruk av biokull.

2 Utfordringer og muligheter for biokullproduksjon i Norge

I dette kapitlet blir informasjon fra intervjuene sortert under forskjellige tema og gjengitt omtrent slik våre informanter la det fram for oss. Vi går gjennom forskjellige tema slik de framkommer i intervjuene. Faktaboksene som inngår i dette kapitlet er basert på informasjon innhentet gjennom kilden som er oppgitt i de enkelte boksene.

2.1 Råstoff for biokullproduksjon

I hovedsak er det stoff av biologisk opphav, også kjent som biomasse, som blir til biokull. Det er i stor grad råstoffet som avgjør hva biokullet kan brukes til og hva slags produkter biokull kan inngå i. Vi spurte derfor hvilke typer råstoff foretakene bruker i dag eller planlegger å bruke i fremtiden, hvilke utgifter til høsting, kjøp og behandling av råstoffer de har, samt hva slags barrierer de møter på for å ta i bruk planlagte råstoffer. Utfra hva våre informanter planlegger å bruke som råstoff og hvordan de beskriver disse, ser vi to kategorier råstoff. Det ene er «rene» råstoff, som for eksempel treflis og halm, som ofte har andre bruksområder. I den andre kategorien har vi «urene» råstoff, som også har biologisk opphav men som kan inneholde andre stoffer og ofte vil kategoriseres som en type avfall.

2.1.1 «Rene» råstoff

De av informantene som hadde varmeproduksjon som også gir biokull, vil i hovedsak bruke rent tre, som oftest treflis, som råstoff. Dette er et kjent råstoff for bioenergi (varmeproduksjon), som betyr at det har alternativ bruk og et godt utviklet marked. Fordi dette råstoffet allerede er knyttet til energiproduksjon, vil prisen også kunne fluktuere med energiprisen.

«Ved koster penger uansett om man tar det fra egen gård eller om man kjøper det. Det har en verdi. Det som styrer prisnivået på den type biomasse man kan bruke til det formålet her [biokull] er rett og slett energiprisen» (Foretak 7)

For noen foretak er tre som råstoff knyttet til egne ressurser, som for eksempel et gårdsbruk med egen skog, eller avfallstrømmer fra park og anlegg for et kommunalt selskap. Dette råstoffet har likevel en alternativkostnad siden det kunne vært brukt til annen bioenergi, eller benyttet på andre måter.

Flere av foretakene kjøper inn treflis og ved og har dermed direkte kostnader knyttet til dette. Tilgangen til tre til energiformål kan også variere, etter mye barkbilleangrep eller andre forhold som gir mye død ved kan tilgangen være svært god.

Råstoffets renhet har nær tilknytning til forventninger til bruk av biokullet som kommer ut i andre enden. Avhengig av pyrolyseovnen som brukes kan det også stilles krav til størrelse og vanninnhold på treflis og andre råstoff. Særlig vil varmeproduksjon kreve at vanninnholdet ikke er for høyt for å få god nok effektivitet i produksjonen. Det kan dermed bli nødvendig å bygge egne anlegg for tørking av flis og lignende råstoff.

Andre «rene» råstoff fra landbruket kan være halm, husdyrgjødsel med mye strø og kornavrens. Et foretak har erfart at det kreves mer cellulose og lignin for å lage en viss mengde biokull, mens biomassen fra ettårige planter gir lite biokull. Pyrolyseovnen kan også stille noen krav til struktur på råstoffet, slik at det blir vanskelig å bruke råstoff med lite struktur, slik som kornavrens. Noen typer

råstoff kan også være mer krevende å lagre, eller de kan ha andre egenskaper som gjør at de ikke fungerer optimalt i pyrolyseovnen.

Også treslaget som brennes kan gi biokull med spesielle effekter. Enkelte treslag har såpass løs ved og liten brennverdi at de er lite brukt som ved. Likevel kan de gi et biokull med en spesiell struktur, som kan være ønskelig i noen tilfeller. En teknologi som er under utvikling bruker hel ved som råstoff, og observerer at det er stor forskjell på biokullets egenskaper utfra hvilket råstoff som brukes. Bruk av hel ved gir også et biokull med mye større biter enn når det brukes treflis eller halm.

Tolkning av regelverket kan også være en utfordring for hvilke råstoff som kan puttes i pyrolyseovnen. I et eksempel med husdyrgjødsel med mye strø, opplyste informanten at ulike myndigheter ser på dette forskjellig. I følge en ny EU-forordning skal det være lov å brenne husdyrgjødsel iblandet strø. Men utslippene fra ovnen er en annen faktor som må med. I følge vår informant er det avgasser fra brenning av naturgass som er målestokken, og dersom pyrolyseovnen har lavere utslipp, så vil det bli godkjent. Prøvetaking av avgasser kan være kostbart, og foretakene håper at de kan komme unna med å ta prøver i en test-fase, slik at de slipper kostbar overvåking senere.

«Hva du putter inn i ovnen, hvordan prosessen er, forteller hva du får ut» (Foretak 7)

Noen «rene» råstoff er også avfall eller sidestrømmer og det vanligste eksempelet er park og hageavfall. Bark fra sagbruk og treindustri kan være et annet eksempel. Foretak som enten er ansvarlig for eller mottar slikt avfall, ser på dette som en svært rimelig ressurs.

Samtidig presiserte en informant at det er viktig for bransjen at de kan ta seg av disse sidestrømmene, og ikke er avhengig av å bruke treflis og annet rent trevirke. Returtre (treavfall) er et annet eksempel på råstoff som kan være ganske rent. Likevel inneholder returtre ofte tungmetaller som blir igjen i biokullet, og dermed kan gjøre det problematisk for noen bruksområder. Det foregår en del utprøving med forskjellige råstoff. Men for å lage et så rent biokull som mulig, til blant annet dyrefôr, er det nok rent og jomfruelig trevirke som må være råstoff.

2.1.2 Sidestrømmer og avfall – «urene» råstoff

Råstoff som kan beskrives som sidestrømmer og avfall, er mer utfordrende å bruke i biokullproduksjon. De er likevel svært viktige for de større aktørene, og ofte er det nettopp håndteringen av forskjellige typer avfall som er hovedmotivasjonen for å investere i pyrolyseteknologi. Flere av foretakene vi snakket med ser for seg at de skal håndtere flere forskjellige typer avfall, og er i en fase hvor de tester både teknologi, råstoff og biokullet.

Utfordringer med avfallsstrømmer er blant annet vanninnhold, for eksempel i avløpsslam. Vanninnholdet må reduseres før slammet kan brennes, og det er en kostbar prosess og kan kreve ekstra investeringer. En mer effektiv av-vanning av avløpsslam virker nødvendig før det kan bli biokull. En annen utfordring er innhold av uønskede stoffer som mikroplast og tungmetaller. Pyrolyse med høy nok temperatur bryter ned plaststrukturer og gir et biokull som er fri for mikroplast. Derimot vil det skje en konsentrering av tungmetaller i biokullet ved forbrenning, enten det er pyrolyse eller gassifisering. Dette er et kjent problem for avløpsslam, og er en av grunnene til at få land som tillater tilbakeføring av slam til jordbruket (Norge er en av unntakene). Utfordringer med tungmetaller gjør at det er mange «urene» råstoff som brukes til biokull som ikke vil kunne gå til landbruket. Returtre finnes det også store mengder av, men mye av returvirket er forurenset med blant annet maling og metaller. Noe er også relativt rent, mens sortering er i dag kostbart, og bransjen arbeider med tiltak for å få til bedre sortering eller en annen type forbehandling som skiller forurensningen fra trevirke.

Selv om det er mange utfordringer med bruk at sidestrømmer og avfall til biokullproduksjon, er vårt inntrykk at dette er svært viktig for flere av aktørene, særlig de større aktørene. De har som regel tette bånd til avfallsbransjen allerede, eller er i ferd med å utvikle en forretningsmodell som er basert på å

hjelpe avfallsbransjen håndtere forskjellige typer avfall. Mye avfall har lav eller ingen verdi til annet bruk, eller det koster å håndtere det (såkalte gatefees). Aktørene er klar over at mye av biokullet ikke vil gå til landbruket, og kaller det gjenvinningskull som kan gå til asfalt, betong og metallurgi. Disse foretakene er i ferd med å utvikle og prøve ut teknologi for å teste forskjellige typer råstoff, og ser for seg at de også kan levere biokull til landbruket.

«Det er ganske vesentlig for hele bransjen at vi lykkes med å bruke disse sidestrømmene, og at vi ikke bruker rent treflis» (Foretak 1)

2.2 Teknologi og produksjon

Teknologi for pyrolyse er et viktig tema i produksjon av biokull. Teknologien setter rammer for hva slags råstoffer som kan anvendes, hvilke skala produksjonen kan nå og muligheter for varmeproduksjon. Vi spurte foretakene om deres valg av leverandør eller egenproduserte anlegg som kan produsere biokull.

De foretakene vi intervjuet som har varmeproduksjon som en viktig del av pyrolysen, har valgt å kjøpe pyrolyseovn fra tyske Biomacon. Denne ovnen fungerer best med treflis som råstoff, men kan også ta andre råstoff. For mindre foretak er også brukervennligheten av ovnen viktig. I starten er det likevel litt innkjøring for å få pyrolyseanlegget til å fungere. En informant uttrykte en forventing om at ovnen over tid både kan produsere mer varme og biokull enn det de først så for seg. Ovnene fra Biomacon er laget for å produsere varme, og omkring 70 prosent av karbonet går med til det.

«Pyrolyse har en energidel som kan brukes til andre ting i vårt anlegg, så vi ser på biokullproduksjon som en del av en større sammenheng» (Foretak 3)

«Mesteparten av energien går til oppvarming (...) jeg ser resten som en bonus» (Foretak 8)

Boks 1. Biomacon

Biomacon GmbH ble etablert i 2003 i Tyskland. Bedriftens hovedmål er å erstatte eksisterende bioenergisystemer med pyrolyseteknologi som vil bidra til å kompensere for CO_2- utslipp ved å produsere biokull i tillegg til varme. Biomacon leverer to typer pyrolysesanlegg. Den minste typen er tilpasset gårdsnivå og kan dekke behov for oppvarming av drivhus, lokale driftsbygninger og damp til varmtvann og kan fås med en kapasitet på mellom 40 - 160 kW. Den største varianten er tilpasset industrielle aktører som for eksempel trenger prosessvarme opp mot 95 grader. Den industrielle versjonen har kapasitet på 250 til 500 kW. Prisen for pyrolyseanlegg fra Biomacon ligger på mellom 80.000- 450.000 Euro (2020-priser).

Utbyttet av biokull som produseres med Biomacon sine pyrolyseanlegg vil variere med råstofftype og innstillinger, men råstoffet må ha et fuktighetsinnhold på mindre enn 30 prosent og en partikkelstørrelse på mindre enn 60 mm. Biomacon setter også en rekke krav til kjøper, som at det er installert brannvegger der anlegget skal plasseres.

Den første pyrolyseovnen fra Biomacon ble installert i 2012 ved botanisk hage i Berlin. I 2020 hadde bedriften solgt til sammen 16 anlegg i Tyskland, Belgia, Frankrike, Norge og India. Flesteparten av anleggene ble imidlertid solgt til Tyskland og Sverige, med 5 salg i hvert av landene (BioMaCon, 2020; Hoffman, 2020).

For de større aktørene med tette bånd til avfallsbransjen virker det som det er lite ferdig pyrolyseteknologi de kan ta i bruk. Blant disse informantene var det både foretak som utvikler sin egen, patenterte teknologi og foretak som har et nært samarbeid med andre som utvikler teknologien.

For disse foretakene er ikke energien fra pyrolyseanleggene like viktig, men det bidrar likevel til å dekke foretakets energibehov. Et anlegg som ble beskrevet som et test-anlegg, var laget for å teste ulike råstoff for hvor mye energi og biokull som kommer ut, samt kvaliteten på biokullet. Teknologien gjør det mulig å endre på parameterne for å endre på resultatet. Teknologien er under kontinuerlig utvikling for å gi best mulig økonomisk resultat, og for å sikre en prosess som gir best mulig bærekraft og kvalitet i avfallshåndteringen.

En tredje type teknologi som en av våre informanter bruker er en liten batch-ovn som tar hel ved. I England er denne typen ovner kjent som «Charcoal retort». Slike ovner er laget for å lage kull for brenning. Den fylles manuelt og brenner i 7 timer med mindre styringsteknologi. Formålet er å utvikle en enkel pyrolyseovn som har lav investeringskostnad, for gårdsbruk som vil lage biokull av egne ressurser. Til nå har det ikke vært mulig å utnytte varmen som ovnen lager, men det er målet og en forutsetning for at ovnen blir bærekraftig. Denne ovnen lager et biokull i større biter, og blir i dag knust før bruk. Vår informant tror denne typen teknologi kan serve et nisjemarked fordi den kan produsere små «batcher» med biokull av en helt spesifikk kvalitet, for eksempel som resultat av bruk av en bestemt løvtresort.

2.3 Produksjon og økonomi

I dette kapitlet tar vi for oss de kostnadene som er knyttet til produksjonen av biokull. Temaet kostnader inkluderer også flere deler av verdikjeden, blant annet råstoff, men er alle direkte knyttet til produksjonen. Vi spurte bedriftene om de hadde anledning til å si noe om deres investerings- og produksjonskostnader og om de har mottatt investeringsstøtte ved innkjøp av pyrolyseteknologi.

2.3.1 Investeringskostnader

«Investeringstilskudd er per i dag helt nødvendig for å tørre å gjøre noe» (Foretak 1)

Investering i teknologi knyttet til produksjon av biokull med varmeutnyttelse slik som pyrolyseanlegg, tørking, dampkjel og lignende, er kostbart og ligger som regel i millionklassen. Flesteparten av foretakene oppgir at en form for statlig støtteordning, ofte fra Innovasjon Norge eller ENOVA, har vært avgjørende for deres mulighet til innkjøp av teknologi for produksjon av biokull. Dette gjelder både for bedrifter med og uten gårdsdrift.

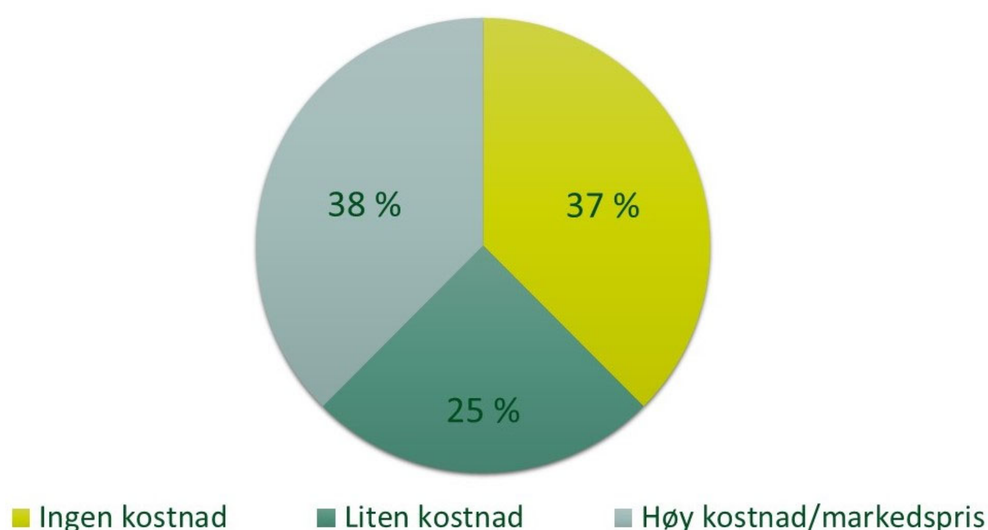
Foretak 1-6 i vår undersøkelse er virksomheter uten gårdsdrift. Det er en gjennomgående tendens at disse foretakene oppgir store kostnader og betydelig risiko som utfordringer ved oppstart av bedriften. Kostnadene er forbundet med investering i teknologi, utvikling og utprøving av produkter. Foretak 7-8, som driver på gårdsnivå, skiller seg ut ved at disse ikke oppgir like høye kostnader til utvikling og utprøving av produkter som de andre produsentene. Heller ikke risiko for avsetning i et marked ser ut til å være en stor bekymring for disse. En nærliggende forklaring på dette er at verken foretak 7 eller 8 har gått til innkjøp av anlegg primært for å produsere biokull til markedet. Biokull oppgis heller som et biprodukt av bioenergi til oppvarming av bygninger eller teknologiutprøving, og det er ingen planer om å utvikle produkter som krever forskning og utprøving i samme skala som foretak 1-6.

Foretak som sikter på å utvikle biokullprodukter til spesifikke formål (for eksempel filter, gjødsel) eller ønsker å anvende råstoffer som i utgangspunktet har problematiske innholdsstoffer (for eksempel tungmetaller), ser ut til å ha betydelige kostnader forbundet med oppstart. Det er ikke uvanlig at disse foretakene har mottatt statlige støtte i form av midler til forprosjekt eller utviklingsprosjekt. Denne første fasen blir beskrevet som tidkrevende og preget av usikre fremtidsutsikter for planlagte produkter. Flere av bedriftene er avhengig av ekspertise fra forskningsmiljøer for å utvikle trygge og effektive produkter som er i henhold til norske reguleringer. I tillegg følger en fase med utprøving av prototyper. Samtidig som utgiftene ved oppstart antas å være spesielt høye for disse bedriftene, vil

kostnadsbildet følgelig variere ettersom graden av kompleksitet i type råstoff, teknologi og ønsket sluttprodukt.

2.3.2 Produksjonskostnader

Produksjonskostnader omhandler mer enn bare oppstartskostnader som investering i teknologi, produktutvikling og evt. lokaler, men også kostnader til råstoff, arbeidskraft, vedlikehold m.m. Av ulike grunner er det lite informasjon om hva slags reelle produksjonskostnader foretakene sitter med. Noen foretak ønsker ikke å oppgi slik informasjon. Foretak som er knyttet til gårdsbruk, oppgir at de ikke har tallfestet reelle produksjonskostnader fordi produksjon av biokull inngår som en del av den daglige driften. Det er derfor vanskelig å skille ut denne kostnaden for disse foretakene. De fleste foretak vet allikevel hva slags kostnader de har til råstoffer. Figur 2. Kostnad til råstoffFigur 2 viser foretakenes kostnader til råstoff, fordelt i tre forskjellige kategorier.



Figur 2. Kostnad til råstoff

De tre kategoriene av råstoff er inndelt etter omtrentlig kostnad til innkjøp. Når råstoffet for eksempel er treflis har det en markedspris som spenner fra 600 - 1200 kr/tonn. I andre tilfeller kan råstoffet ha svært liten innkjøpspris, men koster likevel litt enten i lagring eller behandling. I det tredje tilfellet er råstoffet å betrakte som avfall, og vil kanskje koste noe å behandle på andre måter. Figuren viser hvordan fem foretak vurderte kostnadene til råstoff. Selv om foretaket oppgir at råstoffet de bruker ikke har noen kostnad, vil det antakelig ha noe kostnader til transport, lagring og behandling.

2.3.3 Andre kostnader

Som nevnt tidligere forteller flere av foretakene at de har møtt på en eller flere barrierer ved anvendelse av gratis råstoffer, som eksempelvis at råstoffene medfører ulemper, krever testing eller at bruken er regulert på en måte som gjør det vanskelig å ta i bruk til biokull. Dette kan medføre ekstra kostnader for foretakene, som i noen tilfeller fører til at andre råstoffer foretrekkes.

Ved håndtering av avfall som råstoff til biokull kan det forekomme «gatefees», altså betaling for å håndtere avfallet på en sikker måte. I noen tilfeller har kostnader knyttet til håndtering av avfall vært en sterk motivasjon for å undersøke mulighetene for å lage biokull. I mange tilfeller vil gatefees være knyttet til avfall som ikke egner seg til å lage biokull til jord slik som plast og bil-deler, men kan likevel bidra til at avfallet blir en verdifull input til industri. En informant forklarte at høye gatefees kan bidra til å gjøre det lønnsomt å håndtere avfall, men fordi biokullet får lavere verdi, kan det likevel gi bedre lønnsomhet å lage biokull av rene, organiske råstoffer.

2.3.4 Lønnsomhet i biokullproduksjon

Utfra det våre informanter oppgir om kostnader og hva de anser som viktig for god lønnsomhet i biokullproduksjon, har vi sammenfattet følgende punkter:

«Hvis biokullet er av god nok kvalitet til å først brukes i vann, så i jord, enn å kun putte det i jord, så bør det ha en annen pris»

(Foretak 8)

- Minimere kostnad til råstoff. Nærhet til råstoffet kan holde transportkostnader nede, samt effektiv lagring og håndtering. Råstoff med lav eller ingen innkjøpspris kan gi bedre lønnsomhet, men også ha høye lagrings- og håndteringskostnader.
- Energien som produseres av pyrolyseanlegget må utnyttes godt, enten det er varme, syngass eller andre energibærere.
- Finne riktig marked som er villig til å betale for den kvaliteten biokull som produseres. For enkelte produsenter kan det være viktig at markedet differensierer mellom biokull av forskjellige kvaliteter.
- At markedet verdsetter verdien av karbonlagringen i biokull kan gjøre at betalingsvilligheten øker. Dette kan blant annet skje gjennom private initiativ som Puro Earth, som er en markedsplass for karbonlagring, men mange ser for seg at storsamfunnet bør betale produsent eller forbruker av biokullet for karbonlagringen.

2.3.5 Markedspris for biokull

Markedet for biokull i Norge er i dag lite utviklet. Det er en god del forventninger og litt usikkerhet knyttet til forskjellige sluttbrukere og markedspris, både når det gjelder betalingsvillighet og hvilke mengder markedet vil etterspørre.

«Der [jordbruket] er det jo helt opplagt kjempemuligheter, men betalingsevnen er jo begrenset» (Foretak 1)

Felles for nesten alle informanter er at de er klare over at betalingsvilligheten hos den enkelte gårdbruker for ubehandlet biokull, ikke er høy nok til å dekke den prisen produsentene av biokull ser for seg at de trenger nå. Dermed er mange andre marked enn landbruket mer aktuelle i første omgang.

Vi spurte foretakene om hvilken priskategori de ser for seg at de vil plassere seg i, og gav dem tre mulige kategorier. Ingen ser for seg en pris på under kr 5000 per tonn. Kun ett (av fem) svar i kategorien kr 5000-8000 per tonn, men dette gjelder en jordblanding med litt biokull i. De fleste ser for seg en pris på over kr 8000 per tonn.
Det bør også presiseres her at prisen vil kunne være avhengig av vanninnhold, og at en av produsentene priser biokullet etter volum (kubikkmeter), som vi har regnet om til mengde (tonn).

«Marginene i jordmarkedet er så presset at hvis du ønsker å selge jord som inneholder biokull til en bonde, så er nok betalingsvillighet ikke så mye høyere» (Foretak 4)

Siden markedet for biokull i Norge er lite og fordi norske biokullprodusenter også ser på Sverige som et mulig marked, er det naturlig å se på svenske priser for biokull. En av våre informanter forteller at prisen på ubehandlet biokull til treplanting i byer var rundt 15 000 svenske kroner per tonn i 2020. En annen internasjonal aktør forventer også en pris på ubehandlet biokull på over 8000 kroner per tonn. Utfra hva informantene sier om forventede priser, er det vår vurdering at forventet markedspris er over kroner 8000 per tonn for ubehandlet biokull blant norske aktører, som de også forholder seg til når de regner på lønnsomhet. Samtidig er de veldig klar over og forventer at biokull med forskjellige kvaliteter også vil få forskjellig pris i markedet. Lønnsomheten i biokull-produksjonen vil naturlig nok også variere utfra hvilket av råstoffet som brukes, både på grunn av

kostnaden knyttet til råstoffet, og hva biokullet kan brukes til. For eksempel kan aktivert karbon for absorpsjon av miljøgifter prises opp mot 30 000 kr/t.

I dag finnes det norskprodusert biokull på markedet som selges i små kvantum til blant annet dyrefôr og bokashi, til en mye høyre pris enn angitt ovenfor[3]. Etter hvert som flere produsenter kommer til er det forventet at prisen blir presset nedover. Flere av dagens produsenter kan også levere større mengder biokull til en lavere pris enn det som er angitt for de små mengdene. Men det er også forventet at enkelte nisjemarkeder med høy betalingsvillighet vil bestå, spesielt for spesielle kvaliteter av biokull som for eksempel biokull egnet til husholdningsbokhashi.

Noen produsenter vurderer det frivillige markedet for karbonkreditter som biinntekt fra sine produkter. Foretak 8 er i prosess med Puro Earth om en slik avtale. De opplyser at Puro Earth betaler 100-150 Euro/t CO_2 som lagres. Denne fortjenesten kommer i tillegg til fysisk salg av biokull.

«Tingen vi produserer er biokull, men det er i realiteten to ulike ting: det er biokull i fysisk form og det er CO_2»

(Foretak 8)

Boks 2. Frivillig marked for karbonlagring

Puro Earth ble etablert av Fortum i 2019 og er et av verdens første markedsplasser som tilbyr karbonkreditter fra CO_2- fjerningsmetoder til selskap som frivillig ønsker å nøytralisere sine klimagassutslipp. Foreløpig tilbyr Puro digitale sertifikater (CORCs) basert på CO_2- lagring i karboniserte (forkullede) bygningselementer, bygningselementer av tre og biokull.

Produktene må være ferdig produsert og leverandør må kunne fremlegge dokumentasjon på at produktet bidrar til CO_2- fjerning, gjennom eksempelvis livssyklusanalyser (LCA). Leverandørene sertifiseres av en uavhengig tredjepart og kan deretter auksjonere bort sine sertifikater på markedsplattformen. Et CORC sertifikat tilsvarer et tonn lagret CO_2- fjerning. Sertifikatene overføres til kjøper, men den fysiske varen bytter ikke hender i denne transaksjonen (Fortum, 2019; puro.earth, 2021).

2.4 Bruk av biokull og marked

De fleste av våre informanter planlegger å selge ubehandlet biokull, og vi spurte dem om hvilken bruk de ser for seg at det skal gå til. Dette reiser videre spørsmål om virksomhetenes vurdering av betalingsvillighet og planlagte produktpriser i de aktuelle markeder for deres for planlagte biokull og biokullprodukter. Til slutt spurte vi foretakene om hva slags markedsbarrierer de opplever i dag som gjør det utfordrende for dem å realisere sine planer.

De fleste foretakene nevnte flere bruksområder for deres biokull og biokullprodukter, men for jordbruksformål var det særlig dyrefôr, hagebruk (dyrkingsmedie og torverstatning), og gjødsel- og jordforbedringsprodukter som ble nevnt. Selv om flere av produsentene ser for seg jordbruket som et marked, ser de også at dette kanskje ikke blir det markedet de selger mest til i begynnelsen. Dermed er det også annen bruk og andre markeder våre informanter oppgir. Tabell 2. viser en oversikt over den bruken som ble nevnt, hva som er status for slik bruk i dag, og hvilke barrierer informantene mener gjenstår for de respektive markedene.

[3] Se https://www.bokashinorge.no/stro-og-kull/biokull-3-liter og https://no.standard.bio/shop/pure (1. mars 21)

2.4.1 Dyrefôr

Flere av informantene tenker at biokull til dyrefôr er et lovende marked. Særlig for kjæledyr er betalingsvilligheten forventet å være høy. Biokull til dyrefôr finnes allerede på markedet, men rettet mot kjæledyr og hest mer enn produksjonsdyr. Biokull til dyrefôr har spesielle krav til kvaliteten, vi fikk oppgitt at det bør være rent tre. Dette kan likevel være sidestrømmer og råstoff som ikke har store alternativkostnader i dag, som ren bark eller tre fra enkelte lauvtresorter. Dette må imidlertid testes ut ordentlig. Flere av produsentene vi snakket med hadde etablert kontakt med fôrprodusenter for å undersøke interessen. En av disse er i gang med utprøving sammen med en fôrprodusent. Foreløpig bruker de importert biokull av fôrkvalitet. Med en liten mengede biokull blandet i fôret utgjør det ikke en veldig stor ekstra kostnad for gårdbruker som kjøper kraftfôr. Men effekten av biokullet i form av økt avdrått er forventet å overgå den ekstra kostnaden. Biokull i fôret skal gi både bedre tilvekst hos dyret og lavere dødelighet kan ha stor verdi for gårdbruker. Etter å ha passert gjennom dyret kommer biokullet ferdig «ladet[4]» ut i husdyrgjødsla. Siden det er snakk om svært små mengder biokull i fôret, bidrar biokullet som blir tilført jord i husdyrgjødsla tilsvarende liten karbonlagring. Først over tid vil biokull i fôret bidra til økt mengde karbon i jorda når husdyrgjødsla blir spredd. Siden karbonlagring ikke er hovedhensikten, men heller å gi positive effekter i form av bedre dyrehelse, blir ikke dette trukket fram som noe negativt. Derimot er det flere produsenter som ser på dette markedet.

«Det man kan få ut av priser [for dyrefôr] er absolutt interessant, der trenger vi ikke subsidier for å selge med lønnsomhet» (Foretak 2)

«Det som er ulempen med det markedet er at da må vi bruke rent tre (...) fôrkull vil være dyrere enn vanlig kull fra flisblanda møkk og andre sidestrømmer»

(Foretak 1)



Figur 3. Kraftfôr med ulike andeler biokull blandet inn. Foto: Vibeke Lind/NIBIO

[4] «Ladet» biokull betyr her at kullet har tatt opp næringsstoffene fra husdyrgjødselen før det tilføres jord

Boks 3. Forskning på biokull i dyrefôr

Biokull i husdyrfôr og- strø er anvendelsesområdene som vekker mest interesse i landbruket i dag. I utlandet melder husdyrbønder om reduserte diaréplager hos husdyrene samt forbedret luftkvalitet i fjøsbygningen etter tilsetning av biokull. Disse erfaringene har vekket vitenskapelig interesse for å øke kunnskapen om effekten av biokull i husdyrfôr og- strø.

NIBIO-prosjektet Biokull og metan fra sau (2019-2020, finansiert av Statsforvalteren i Nordland og Nordland fylkeskommune) hadde som mål å undersøke om tilsetning av biokull i fôr til sau kan redusere metangassproduksjonen. Resultatene fra denne studien viste ingen reduksjon av metangassproduksjon hos sauer fra fôr beriket med biokull. Det ble heller ikke funnet forskjeller i fôropptak hos dyr som fikk biokull, og hos kontrollgruppen (Lind m.fl. 2020).

I 2020 startet et større prosjekt i samarbeid mellom NIBIO, Tine, Nortura, Norgesfôrkjeden ved Strand Unikorn og Oplandske Bioenergi. Målet med prosjektet er å teste ut biokull i fôr til storfe og gris, og i både fôr og strø til fjørfe. I motsetning til forsøket Biokull og metan fra sau vil disse forsøkene vil ha mer fokus på mage/tarmhelse og potensial for reduksjon av lukt og utslipp fra husdyrgjødsel beriket med biokull

Tabell 2. Ulike markeder for biokull med status og barrierer

Marked	Status	Barrierer
Jord- og gjødselprodukter	Få gjødselprodukter med biokull på markedet i Norge Et fåtall foretak er i sluttfasen for utvikling av organisk gjødselprodukt med biokull, mens flere planlegger jordforbedringsprodukter med biokull Det er i dag betalingsvillighet for ubehandlet biokull i markedet for kompostering med bokashimetoden, men er et nisjemarked som selger i små kvanta	Forskning: behov for mer kunnskap om praktisk bruk av biokull (blandingsforhold, tilførsel osv.) og effekter Produktutvikling: Kostbart og tidkrevende å utvikle organiske gjødseltyper og prisen kan derfor ligge over markedspris for mineralgjødsel Lavt kunnskapsnivå blant bønder om jord, gjødsel og biologiske prosesser Få økonomiske virkemidler som stimulerer tilbud og etterspørsel etter gjødselprodukter med biokull og ubehandlet biokull Risiko for liten betalingsvillighet for gjødselprodukter som koster mer enn mineralgjødsel per nå og ubehandlet biokull
Husdyrfôr og dyrestrø	Markedet for biokull som tilsetning i dyrefôr og dyrestrø kan utvikle seg raskt Vurdert som fremtidig betalingsvillig marked, selv om produsenter er avhengig av god pris for lønnsomhet	Forskning: behov for mer kunnskap om effekter fra husdyrfôr tilsatt biokull (hovedsakelig reduksjon av diaré og utslipp av metan) For å sikre kvalitet og trygghet vil kun rent trevirke anvendes som råstoff til fôrprodukter, noe som kan påvirke pris

Kjæledyrfôr	Etablert marked, både nasjonalt og internasjonalt Høy betalingsvillighet, men foreløpig et nisjemarked som selger i små kvanta	For å sikre kvalitet og trygghet vil kun rent trevirke anvendes som råstoff til fôrprodukter, noe som kan påvirke pris
Byplanting	Etablert marked, spesielt i Sverige Stabil etterspørsel og høy betalingsvillighet Mest brukt ved treplanting/overvannshåndtering, men kan være aktuell også i gressplener som erstatning for kunstgress	Offentlige anbudskonkurranser med internasjonale produsenter som kan levere i store kvanta til en lav kostnad kan presse ut mindre, nordiske produsenter (kvalitet og pris)
Filter og absorberingsmidler	Noe etterspørsel i marked for vannfilter per i dag Flere foretak forventer en økning i etterspørsel etter både vann- og luftfilter Forventninger om etterspørsel og høy betalingsvillighet for aktivert biokull som absorberingsmiddel for miljøskadelige stoffer	Produktutvikling og forskning: biokull som skal brukes til å binde miljøgifter må aktiveres ved å etse noe av overflaten med vanndamp eller CO_2 for å en større overflate. Det er behov for noe mer kunnskap og utprøving av produktet, og dette foregår i regi av bedriftene selv

Biokarbon	Det er stor interesse for trekull som reduksjonsmiddel i prosessindustrien Etterspørsel i Norge dekkes hovedsakelig av import i dag	Overgang fra fossile reduksjonsmidler til trekull kan by på utfordringer for å finne riktige egenskaper. Høye kvalitetskrav til biokarbon, men varierer mellom typer produksjon (Skreiberg, 2018) Behov for store kvanta Prissensitive
Asfalt og betong	Det er interesse for gjenvinningskull (fra avfall) som fyllstoff i betong og asfalt Dette vil bidra til å gjøre betong og asfalt karbonnøytralt eller minske klima- og miljøpåvirkning fra produksjonen, samtidig som avfallsbransjen unngår forbrenning og avgiftsbelagt deponi	Forskning: det er behov for mer kunnskap om innholdsstoffer i gjenvinningskull og hvordan det skal inngå i betong eller asfalt
Biogass	Det kan være noe interesse for å benytte biokull i biogassanlegg for å øke produksjon av metan Lite kunnskap om potensial for et nasjonalt- og internasjonalt marked per i dag	Forskning: det er behov for mer kunnskap om praktisk bruk, effekter og mulig verdikjede for et slikt produkt Kan være forbudt som tilsetning i biogassanlegg i noen land

2.4.2 Hagebruk

Et marked og bruksområde som er forventet å ha høy betalingsvilje, men som ikke nødvendigvis er veldig stort, er hagebruk. Dette kan være et nisjemarked for spesielle produkter, som for eksempel biokull til hushold som behandler matavfallet sitt med bokashi. Kjøkkenhagedyrkere og andre hageeiere kan også være interessert i jordblandinger med biokull, særlig ved erstatning av torv. Biokull i jord til takhager og andre urbane dyrkingsformer er også nevnt.

2.4.3 Biokull til jord, med eller uten gjødsel

For å maksimere karbonlagrinspotensialet til biokull kan det å spre biokull rett dyrka mark være det mest effektive. Våre informanter er klare på at både er betalingsviljen for dette blant gårdbrukere liten og effekten av å tilsette biokull til jord er diskuterbar. Bortsett fra stabil lagring av karbon, viser norske forsøk ingen avlingsøkning ved tilsetting av biokull til jord. Et forsøk med biokull i blanding med organisk gjødsel i eng og byggåker viste at biokull kan virke avlingshemmende eller ikke gir noen effekt første året (Cottis og Solberg, 2020). Uten noen gode resultater fra slike forsøk er det vanskelig å selge inn biokull som jordforbedring og karbonlagring til gårdbrukere. Det etterspørres forsøk som går over tid, samt en gjennomgang av hva det er mest hensiktsmessig å bruke biokull til i det norske jordbruket. Kanskje har biokull større positiv effekt på områder med ensidig kornproduksjon enn i grasproduksjon?

«Det [biokull] er liksom ikke en sånn 1-års sak. Men det er tyngre å selge inn enn at du får en effekt med en gang»

(Foretak 1)

En av våre informanter holder på å utvikle et gjødselprodukt med biokull i blanding med biorest fra matavfall og husdyrgjødsel. Målet er å lage et gjødselprodukt som har samme effekt som mineralgjødsel, men med jordforbedrende egenskaper i tillegg. For å bli et godt produkt er blandingen avhengig av enkelte ingredienser. Blant annet må biokullet være fra rent tre. Slikt biokull er kostbart og gjødselblandingen kommer til å koste litt mer enn tilsvarende kunstgjødsel. Dermed må merverdien i form av jordforbedring og andre positive effekter tilsvare merkostnaden for gårdbruker som kjøper gjødselblandingen. En annen mulighet for produsenten er å tilby skreddersydde gjødselblandinger basert på jordprøver, samt tilleggskunnskap på jord, gjødsel og biologiske prosesser. Selv om gårdbrukers kunnskap og aksept av biokull er viktig, innser gjødselprodusenten at marginene er små, slik at kost-effekt av en gjødselblanding vil være det viktigste. Dermed er kostnaden på biokull oppfattet som den største hindringen i dag. Foretaket selv mener at en god løsning vil være økonomiske insentiver enten rettet mot gjødselprodusenter, brukere eller begge deler som stimulerer tilbud og etterspørsel etter bærekraftige og klimavennlige gjødselblandinger.

«Allerede nå er vi møtt med kunstgjødselprisene»

(Foretak 3)

Hvor stor andel biokull det bør være i gjødselblandingen er avhengig av effekten biokullet har på jord og plantevekst, og hvor mye karbonlagring som ønskes. Mens karbonlagringspotensialet er nokså kjent, er effekten på jord og plantevekst fortsatt under testing.

Det kan også være hensiktsmessig å tilsette biokullet tidligere i prosessen i biogassproduksjon. En informant viste til et forsøk fra England der biokull i biogassreaktoren ga økt metanutskilling. En annen bruk som ble nevnt var biokull til golfbaner. En del golfbaner bruker allerede biokull for å forhindre isbrann. Isbrann er betegnelse på illeluktende og ødelagt grasmatte som dør under et tykt

islag på senvinteren[5]. Dette kan være en plage også for hageeiere og i parkområder. Biokull strødd på isen kan bidra til at den smelter raskere.

2.4.4 Treplanting i by

Det som mange referer til som «Stockholmsmodellen» for treplanting, er kanskje den bruken som flest biokullprodusenter refererer til og som utgjør det største markedet i dag. Til denne bruken går det med et ganske stort volum med biokull, og markedet eksisterer i Sverige. Markedet i Sverige oppfattes som relativt stabilt og sikkert, og bidrar dermed til å redusere risikoen for norske biokullprodusenter som i dag ikke nødvendigvis har et marked i Norge.

«Det som gjorde at vi turte å investere er det her som skjer i Sverige, dette med urban bruk av biokull (...) vi håper å kunne selge det vi har der dersom vi ikke får solgt i Norge»

(Foretak 1)

Selv om betalingsvilligheten er relativt høy, kan prisen på biokullet likevel ikke være veldig høy. I Norge er det foreløpig lite etterspørsel etter biokull som skal brukes i forbindelse med treplanting, men håpet er at landskapsarkitektene, offentlige virksomheter og andre som driver med park og anlegg etter hvert skal oppdage denne bruken. Karbonlagringseffekten bør være et salgsargument også i dette markedet. Samtidig er det ikke de samme kravene til biokullets renhet som for biokull som skal brukes i jordbruket.

En utfordring som mer etterspørsel etter biokull viser, er at prissensitive kjøpere ikke er kritiske nok til kvaliteten eller opprinnelsen til biokullet. I Sverige opplever en produsent at noen kjøpere er mer opptatt av pris enn at biokullet er laget av rent råstoff som er høstet på en bærekraftig måte. Dette kan føre til import av biokull med ukjent opprinnelse og kvalitet.

«Den produsenten som selger mest biokull i Sverige selger i små poser og det er importert alt sammen, 100 prosent»

Boks 4. Stockholmsmodellen

I Sverige har det utviklet seg et marked for biokull til treplanting i byer. Det begynte i Stockholm by der mange års byutvikling har resultert i en økning i skadde eller døende trær på grunn av graving i rotsonen og mindre plantebed med redusert plass til røtter, som hindrer tilgang på livsviktige gasser, vann og næringsstoffer. I tillegg gir et stadig våtere klima behov for bedre overvannshåndtering i byer og urbane steder med mye betong og asfalt, som gjør at vannmassene samler seg etter store nedbørsmengder. Den såkalte Stockholmsmodellen er en løsning på disse utfordringene som blant annet går ut på å plante trær i jordblandinger med en struktur bestående av jord, biokull og stein på over 2 mm. Denne jordblandingen kalles «skjelletjord» og gir små hulrom som trærnes røtter kan vokse i. Biokull skal være spesielt egnet til å inngå i denne blandingen fordi porestrukturen i biokull absorberer vann og kan derfor bidra til å ta unna store nedbørsmengder og gi trærne jevn tilgang på vann (Stockholm Stad, 2020a & 2020b).

[5] Kilde: https://www.nibio.no/nyheter/slik-redder-du-plenen-etter-vinteren?locationfilter=true

2.4.5 Vannrensing og filtrering

Biokull til vannrensing og filtrering virker som et spesialisert marked med egne krav til biokullets egenskaper. For veldig spesielle kvaliteter kan betalingsviljen være svært høy. Et annet interessant aspekt ved denne bruken er at når det brukes til å absorbere næringsstoffer, kan det i prinsippet brukes som gjødsel etterpå. Det vil dermed kunne brukes to ganger, noe som oppfattes som ekstra positivt.

2.4.6 Annet bruk av biokull

Biokull som er laget av urene råstoff og som ikke kan brukes i jord for matproduksjon må ikke nødvendigvis lagres på deponier. Flere nevnte bruk av biokull i asfalt og betong, men at det trengs mer forskning før det er klart til bruk.

2.5 Sertifisering og kvalitetssikring

Mange av våre informanter snakket om at forskjellig råstoff gir biokull med forskjellig kvaliteter som passer til forskjellig bruk. I tillegg kommer etterbehandling, for eksempel oppmaling av biokull til dyrefôr, eller annen behandling til gjødsel og filter. For å nå markeder med høy betalingsvilje for biokull med spesielle egenskaper, er produsentene avhengig av å kunne kommunisere biokullets spesielle kvaliteter. På den annen side vil sertifisering av biokull også kunne gjøre det enklere for produsenten å konkurrere mot billig importert biokull, særlig hvis sertifiseringen synliggjør farene ved biokull som ikke har sertifiseringen. I dag finnes en Europeisk standard for biokull, European Biochar Certificate (EBC). I følge en informant er dette sertifikatet uforholdsmessig kostbart og utgjør en kostnad som ikke står i forhold til det markedet er villig til å betale for sertifisert biokull. En av grunnene til at EBC er kostbart kan være at prøver av biokullet må sendes til utlandet. Det er et ønske om en mer lokal sertifisering, for eksempel for nordiske land, der testing av biokullet ikke må foregå utenlands. For produsentene vil det uansett sertifisering være viktig å kunne dokumentere produksjonen av biokull, både råstoff og prosess, for å sikre kunden et trygt produkt.

I tillegg til EBC finnes det standarder som går på selve produksjonsprosessen og stiller krav til blant annet avgasser, også kjent som «Good manufacturing practice».

Boks 5. Sertifisering av biokull

European Biochar Certificate (EBC) er utviklet av Ithaka Institute i Sveits, med det formål å redusere risiko som kan oppstå ved bruk av biokull for produsenter, brukere og miljøet. EBC skal være en garanti for kvalitet og bærekraft i produksjon av biokull, basert på forskningskunnskap. Med unntak av Sveits der alt biokull som selges må ha EBC, er EBC en frivillig ordning. Retningslinjene i EBC inkluderer blant annet type råstoff, bruk av varme, væske eller gass fra pyrolysen, og biokullets innhold av tungmetaller. EBC har i dag fire kategorier biokull utfra tiltenkt bruk: (1) EBC-Feed til dyrefôr, (2) EBC-Agro til jordbruk, (3) EBC-AgroOrganic til økologisk jordbruk, og (4) EBC Material til byggematerialer. Disse fire kategoriene har blant annet forskjellige terskler for innhold av tungmetaller og forskjellige økologiske krav. EBC-Feed er tilpasset regelverket for dyrefôr, mens EBC-Agro og EBC-AgroOrganic er tilpasset EUs nye regelverk for gjødsel. EBC-Material er tiltenkt biokull til byggematerialer, plast og elektronikk. EBC har også en liste over hvilke råstoff som kan brukes til biokull, og denne har foreløpig ikke inkludert avfall som kloakkslam, husdyrgjødsel, biorest og bein. Biokull med EBS må ha en innholdsfortegnelse med blant annet karboninnhold, ph, plantenæringsstoffer (nitrogen, fosfor, kalium, magnesium og calcium), og overflateareal. (Kilde: https://www.european-biochar.org/en)

2.6 Effekt på karbonlagring

Hvilket karbonlagringspotensial som ligger i biokullet er også et interessant aspekt som vi spurte informantene om. Gjennomgående var svaret at et tonn av deres biokull tilsvarer rundt tre tonn CO_2-ekvivalenter. EBC har utviklet retningslinjer også for å måle karbonlagringspotensial der klimagassutslipp ved produksjon er tatt med i beregningen[6].

2.7 Tilskudd og betaling for karbonlagring

Som beskrevet over har mange av foretakene vi snakket med mottatt investeringsstøtte som har vært avgjørende for at de starter opp med biokullproduksjon. Men for alle har det ikke vært like enkelt og ett foretak fortalte at de faller mellom to stoler med sin biokullproduksjon, siden de ikke er innenfor landbruket og det ikke finnes andre program som har mulighet til å støtte biokull i like stor grad. Innovasjon Norge har et bioenergiprogram som er rettet mot gårdsbruk som vil ta i bruk fornybar energi, og varmeanlegg som også lager biokull faller innunder dette. Usikkerheten rundt markedet for biokull, pris og kvalitet, gjør at det er vanskelig å beregne lønnsomheten i slike anlegg, som også kan gjøre det vanskelig å få investeringsstøtte.

Et annet aspekt ved investeringsstøtte er krav til hvordan tiltaket slår ut. I følge et debattinnlegg i fagbladet TU 25.10.2020[7], gir ENOVA kun støtte til utslippsreduksjoner i egen bedrift. Investering i pyrolyseanlegg som produserer biokull, vil kunne motta støtte dersom det bidrar til energieffektivisering i bedriften. Men selve biokullproduksjonen, som gir karbonlagring i andre bedrifter, vil ikke motta støtte. Dermed kan det bli utfordrende å få støtte til anlegg der produksjon av biokull for karbonlagring er et av hovedformålene. I de tilfellene vi har undersøkt hvor foretak har fått investeringsstøtte til pyrolyseanlegg, er det varmeproduksjon eller annen utnyttelse av energien som er utløsende for støtte.

En annen type støtte som flere nevner er en subsidie til bonden som ønsker å tilføre biokull til jorda. Biokull som jordforbedring har en viss verdi, men verdien av karbonlagringen er ikke bonden nødvendigvis villig til å betale for. Ordninger som gjør det mulig å få betalt for karbonlagring er det nok mange av biokullprodusentene som ønsker seg. En av de vi snakket med er i ferd med å bli en del av Puro Earth, noe som vil bli en mulighet til å utnytte verdien av karbonlagring.

Et innspill til støtteordninger til jordbruket er at biokull må sees i sammenheng med bærekraft i jordbruket. Det er forventet at effekten av gjødselblanding med biokull vil gi en effekt som går utover både avlingsøkning og karbonlagring, som f.eks. reduserer utslipp av lystgass. Blir dette godt dokumentert kan biokull inngå i eksisterende støtteordninger slik som regionalt miljøprogram (RMP). RMP har flere formål, men det av de er å redusere utslipp til luft og avrenning til vann fra jordbruket. Hvis biokull kan bidra til å redusere avrenning av næringsstoffer, kan det være naturlig at en støtte til bruk av biokull inngår her.

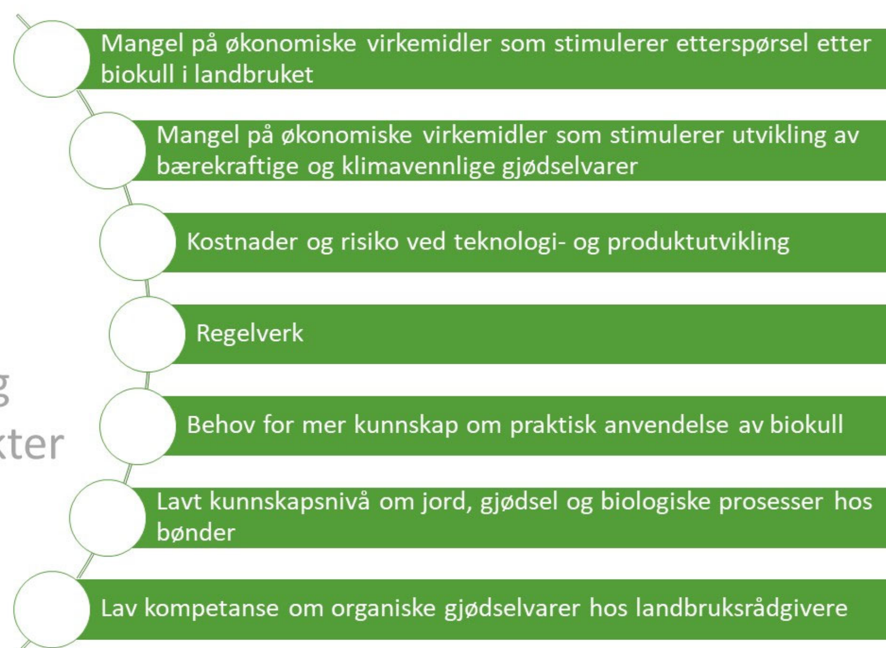
2.8 Utfordringer for biokull i Norge

Vi spurte våre informanter om hva de mener er de viktigste barrierene for verdikjeder for biokull til jordbruket. Siden en del av produsentene også ser til andre markeder for sine produkter enn jordbruket, har vi også med barrierer for andre markeder. Figur 4 viser foretakenes oppgitte barrierer for utvikling av verdikjeder for biokull og biokullprodukter i Norge. Under gjengir vi de utfordringene som kom fram i intervjuene, sortert under forskjellige tema.

---

[6] https://www.european-biochar.org/media/doc/139/c_en_sink-value_2-1.pdf

[7] https://www.tu.no/artikler/prosessindustrien-er-pa-vei-mot-lavere-utslipp-med-dagens-teknologi/499736



Figur 4. Barrierer for utvikling av verdikjeder for biokull i Norge

2.8.1 Teknologiutvikling

Flere av våre informanter holder på å utvikle teknologi som passer til deres bruk. Det er særlig selve pyrolyseteknologi som er under utvikling, men også systemer for å utnytte varme og annen energi. Dette er både kostbart og innebærer en viss risiko for foretakene.

2.8.2 Produktutvikling

Flere av foretakene driver også aktivt med produktutvikling med biokull, og mange etterlyser også mer forskning og utvikling for å kunne ta i bruk biokull til forskjellige formål. Dette gjelder for eksempel å bruke biokull som filter, der det trengs mer kunnskap om hvilke egenskaper biokull til dette formålet må ha. Bruk av sidestrømmer som råstoff gjør det også nødvendig med testing både av avgasser og selve biokullet, og bruk av for eksempel husdyrgjødsel kan ha ekstra utfordringer med regelverk. Biokull som er tiltenkt jordbruket, enten som dyrefôr eller direkte i gjødselblanding, trenger også mer utprøving og testing. Det trengs å dokumentere og demonstrere positive effekter, og mer kunnskap om hvordan biokull best bør brukes i jordbruket. Også for biokull som av forskjellige grunner ikke skal ende opp i jord, kreves det mer forskning og utvikling før det kan tas i bruk i for eksempel betong og asfalt.

Produktutvikling er kostbart og tar tid, men for flere av foretakene vi snakket med, er det nok en del av en langsiktig strategi for å utvikle markedet for biokull.

En informant understreket at den Europeiske sertifiseringen av biokull er såpass kostbar at det ikke vil lønne seg å bruke den dersom den ikke blir verdsatt av dagens biokull-kjøpere. Samtidig gir foretakene signaler om at en slik sertifisering er nødvendig, ikke minst for å kunne signalisere til markedet at det finnes biokull med forskjellig kvalitet. Med store produksjonskostnader er det også viktig å kunne differensiere seg fra importert biokull som kan ha betydelig lavere pris, men der kvaliteten kan være noe helt annet. Det ble nevnt at sluttforbrukeren har såpass liten kunnskap om biokull at det er vanskelig å kommunisere forskjellige kvaliteter, deriblant hva det er laget av og produksjonsland. Et eksempel vi fikk høre om var når offentlige foretak skal kjøpe biokull kan de i sitt anskaffelsesregelverk være tvunget til å kjøre anbudsrunder og må velge den produsenten som kan levere til lavest pris. Å

konkurrere på pris med utenlandsk biokull kan være vanskelig, og foretaket vi snakket med ville heller at offentlige foretak skulle verdsette biokull som er produsert i samme land, og der både råstoff og kvalitet er kjent.

2.8.3 Regelverk og rammevilkår

En del regelverk, som gjødselvareforskriften og Animaliebiproduktforskriften, berører produksjon og bruk av biokull direkte. Samtidig som det hersker litt usikkerhet knyttet til hva regelverket vil tillate, er det også noen forventninger til at revidert gjødselvareforskrift vil gi noen nye muligheter. Det er vårt inntrykk at enkelte av informantene har svært god kjennskap til regelverket, og har helt konkrete innspill til hvordan regelverket kan endres for å bedre forutsetningene for produksjon og bruk av biokull.

Det er også regelverk og andre rammevilkår som berører biokull. Et eksempel var at lønnsomheten i å produsere strøm fra syngassen fra pyrolysen var dårlig dersom man ønsket å selge denne. Det har også vist seg å være utfordrende å få investeringsstøtte til biogassproduksjon. Innovasjon Norge krever at prosjekter de støtter skal vise til god lønnsomhet. Det er utfordrende når biokull-markedet er så usikkert som det er. Selv om en høy markedspris kan indikere en god inntekt, kan kjøpere være vanskelig å finne, og dermed er lønnsomheten usikker og det vil være vanskelig å få investeringsstøtte.

2.8.4 Etterspørsel

Kanskje den største barrieren er liten og usikker etterspørsel etter biokull i Norge. Selv om foretakene vi snakket med ser for seg mange forskjellige bruksområder for biokull, er de også klare på at det ikke er betalingsvilje for mange av bruksområdene. Dette gjelder særlig biokull som klimatiltak i jordbruket. De fleste ønsker seg en støtteordning som vil bidra til å øke etterspørselen, særlig en støtte til å lagre karbon i jord gjennom biokull. Men støtte til å produsere eller bruke mer miljøvennlige gjødselblanding ble også trukket fram.

Andre foreslåtte tiltak for å øke etterspørselen i jordbruket er økt kunnskap til gårdbrukere og deres rådgivere. Dette handler ikke bare om kunnskap om biokull, men også de positive effektene av biokull i jord, som henger sammen meg generell kunnskap om jord, gjødsel og biologiske prosesser i jord. En informant påpekte også at rådgiverne er veldig gode på bruk av kunstgjødsel, og det kan være en barriere for dem å gå over til noe helt annet, altså en annen type gjødsel med biokull. Et annet foreslått tiltak er å få biokull inn i jordbrukets klimakalkulator, slik at klimagevinsten blir synlig både for gårdbruker og rådgiver.

Å finne de rette markedskanalene kan også være en utfordring, for eksempel for å nå nisjemarkeder blant private hageeiere og lignende. En informant ser for seg at det kan være etterspørsel etter både biokull og biokullprodukter i hobbydyrkingsmarkedet. For at det skal bli noe særlig volum å snakke om, er det imidlertid behov for å selge gjennom de store hagesentrene, og det er en jobb å gjøre å selge det inn der, det vil antakelig kreve mye markedsføring. Det foregår i dag litt salg av biokull gjennom små nettbutikker, men vår informant ser for seg at dette aldri vil føre til salg av noen særlig store volumer, og dermed blir distribusjon og salg svært kostbart.

2.8.5 Kobling til klimatiltak og -politikk

Mange av våre informanter var svært opptatt av biokull som klimatiltak, og mener at biokull må inn i det nasjonale utslippsregnskapet. Flere ser på det som en viktig forutsetning for en offentlig støtte til karbonlagring i jordbruket. Biokull kan ha stor verdi som karbonlager, men når bonden selv ikke er villig til å betale for dette, må det til støtteordninger. Mens noen ser mot det private markedet gjennom Puro Earth, ønsker de fleste seg offentlige støtteordninger. Siden prisen for biokull er såpass høy er det viktig for biokullprodukter som gjødselblandinger og fôr med biokull, at verdien av

karbonlagringen gjennom disse produktene blir synliggjort, og i alle beste fall også verdsatt gjennom offentlig støtte.

En informant poengterte at en fare ved en støtteordning til karbonlagring, er at jordbruket importerer billigere biokull. En slik støtteordning vil nok inneholde mekanismer som vil hindre en slik utvikling, særlig hvis den skal være basert på det nasjonale utslippsregnskapet.

3 Diskusjon: Verdikjeder for biokull i Norge

Grunnlaget for denne rapporten er kvalitative intervjuer med til sammen 8 foretak, derav 6 i Norge, som planlegger, eller som på nåværende tidspunkt produserer biokull eller på annen måte inngår i verdikjeden for biokull. I det forutgående kapitlene formidlet vi foretakenes erfaringer, vurderinger og oppfatninger slik de framstilte det i intervjuene. I denne avsluttende delen vil vi sammenfatte og gi vår vurdering av informasjonen vi har fått fra våre informanter ved å se nærmere på verdikjeder for biokull i Norge som virker mest lovende for jordbruket gitt dagens rammevilkår.

3.1 Drivkrefter for biokullproduksjon i Norge i dag

Det er foreløpig få aktører som aktivt bidrar til utvikling av verdikjeden for biokull i dag, og de fleste av disse er produsenter av biokull. Biokull som klimatiltak er viktig motivasjon for flere av produsentene, men de kombinerer det med varmeproduksjon. For andre er pyrolyse en lovende metode å behandle avfall som kan være problematisk å håndtere på andre måter, og da er det naturlig at de også ser seg om etter bruksområder for biokullet. Det som kommer klart fram er at produsentene er klar over at etterspørselen etter biokull i jordbrukssektoren er fraværende, eller i beste fall lav. Det er tydelig at mangel på etterspørsel, særlig i jordbruket, blir oppfattet som en hindring for videre utvikling av biokullproduksjon og biokullprodukter. Utviklingen er dermed klart drevet av tilbudssiden, ikke av etterspørsel etter biokull. Likevel er aktører som representerer jordbrukssektoren, blant andre Norges Bondelag, med på utviklingen gjennom å spre kunnskap og informasjon.

3.2 Ubehandlet biokull til jordbruket

Det er i dag mulig for foretak i landbruket å få investeringstilskudd til pyrolyse gjennom verdiskapningsprogrammet for fornybar energi og teknologi i landbruket hos Innovasjon Norge. Produsenter vi har snakket med som tilhører andre sektorer har også fått investeringstilskudd, om ikke direkte til biokullproduksjon, så til annen teknologi som tilhører samme anlegget. Dette virker stimulerende på tilbudssiden for biokull i Norge. Men det finnes i dag ingen virkemidler som bidrar til å stimulere etterspørsel etter biokull. Et tydelig resultat fra våre intervjuer er at en klar overvekt av foretakene vurderer jordbruket som et av de markedene med minst betalingsvillighet for rent biokull per i dag. Dette er også nevnt i Klimakur 2030 (Miljødirektoratet, 2020) at biokull i dag ikke er lønnsomt for jordbruksforetaket. Dersom biokull kan gi økte avlinger eller redusert behov for gjødsel og økt jordkvalitet vil det påvirke betalingsvilligheten til bonden positivt. Med dagens pris for biokull er det imidlertid usikkert om betalingsvilligheten i jordbruket vil øke nok, og antakelig er det nødvendig at verdien av karbonlagring gjennom biokull også blir realisert. I et klimaperspektiv har samfunnet som helhet også interesse av at jordbruket tar i bruk teknologi som øker karbonlagring i jord.

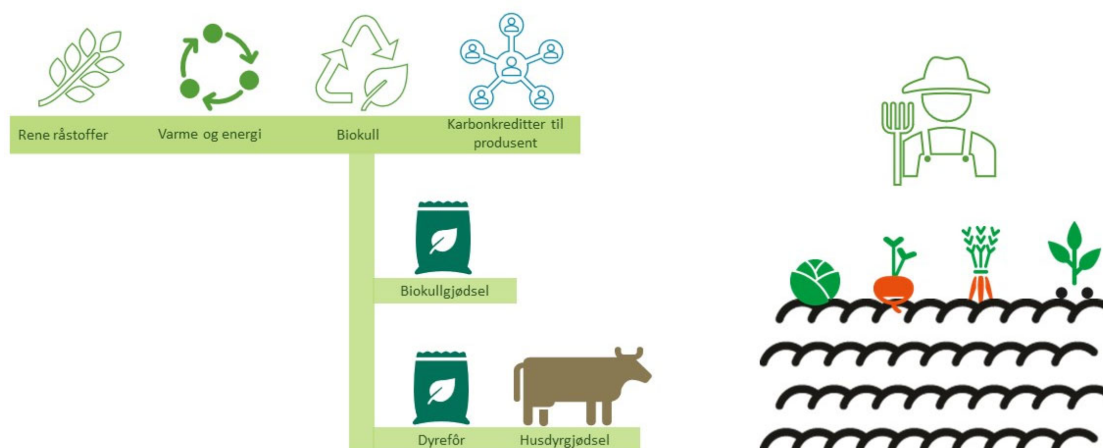
I fravær av offentlige virkemidler, kan frivillige markeder for karbonkreditter, slik som Puro Earth, bidra til å øke interessen for biokull. Frivillige markeder for karbonlagring er en måte å verdsette biokull som karbonlager og bidra til å redusere markedspris eller øke etterspørselen etter biokull, avhengig av om det er biokullprodusenten eller den som lagrer biokullet som får retten til å selge karbonkreditter. Slike frivillige markeder er avhengig av at private foretak vil benytte seg av karbonkredittene til markedsføring av egen bedrift eller aktivitet. De frivillige markedene er ikke nødvendigvis knyttet til nasjonale regnskap for klimagassutslipp. De stiller også dokumentasjonskrav til produksjonen, for eksempel en livsløpsanalyse, som kan være så kostbart at det blir en barriere for små biokullprodusenter. Selv om det er kostbart kan slike dokumentasjonskrav bidra til å sikre at biokullproduksjonen foregår på en god måte, på samme måte som sertifiseringen. I tillegg vil

transaksjonskostnader, som i tilfellet Puro Earth ligger på rundt 12 prosent, minske utbyttet fra en slik avtale.

3.3 Biokullprodukter til jordbruket

Flere av foretakene som vurderer jordbruksmarkedet som lite betalingsvillige for ubehandlet biokull, arbeider med å utvikle biokullprodukter som kan øke den direkte verdien av biokull til bonden. Det er dermed andre kvaliteter ved biokull enn karbonlagring som står sentralt i disse verdikjedene. Hvilke av disse verdikjedene som lykkes med å skape etterspørsel og lønnsomhet, avhenger av hvilke produktpriser foretakene må ha i forhold til betalingsvillighet i jordbruket og at produsentene lykkes i å forsvare prisen ved å demonstrere produktenes nytteverdi for bonden.

Feil! Fant ikke referansekilden. viser biokullgjødsel og dyrefôr med biokull for jordbruket som etter vår vurdering har størst potensial til å utvikle seg til å bli bedriftsøkonomisk lønnsomme verdikjeder der biokullet ender i jordbruksjord. Det forutsetter imidlertid videre produktutvikling og dokumentasjon av positive effekter for å sikre betalingsvillighet hos bonden. For biokullgjødsel gjelder dette særlig å kunne dokumentere at gjødselblandinger med biokull har gode effekter på jordkvalitet, avling og/eller reduserer behov for tilsatte plantenæringsstoffer. Nyere forskning i NIBIO (upublisert per juni 2021) viser at biokull blandet med biorest er et lovende organisk gjødselprodukt som kan erstatte mineralgjødsel og øke utnyttelsen av plantenæringsstoffet nitrogen uten å øke lystgassutslipp. For biokull som dyrefôr gjelder det å kunne dokumentere at biokull i fôret gir en effekt som er større enn kostnaden. To nyere studier som gjennomgikk internasjonal forskning på biokull i dyrefôr fant overveiende lovende resultater slik som forbedret fordøyelse, blodverdier samt redusert utslipp av metan (Man m.fl.2020; Schmidt m.fl. 2019). Det gjenstår nå å undersøke dette under norske forhold. De to verdikjedene tenkes her å ha lik start og slutt ved at biokull først produseres fra rene råstoffer som treflis, med varme eller energiutnyttelse, og tilføres til jord som siste bruk. Biokullgjødsel vises her med et steg kortere verdikjede enn dyrefôr med biokull som går via dyremagen før det tilføres jord.



Figur 5. Biokullprodukter som har størst potensial for jordbruket

I figuren er rent biokull utelatt fordi det er både vår og våre informanters vurdering at ubehandlet biokull som direkte tilsettes jordbruksjord, ikke vil være interessant så lenge prisen på biokull er så høy som vi får inntrykk av (og det ikke finnes et tilskudd). Ved å enten bruke biokull i dyrefôr eller blandet med gjødsel forventes det at biokullet vil få høyere verdi for bonden, samtidig som det lagrer

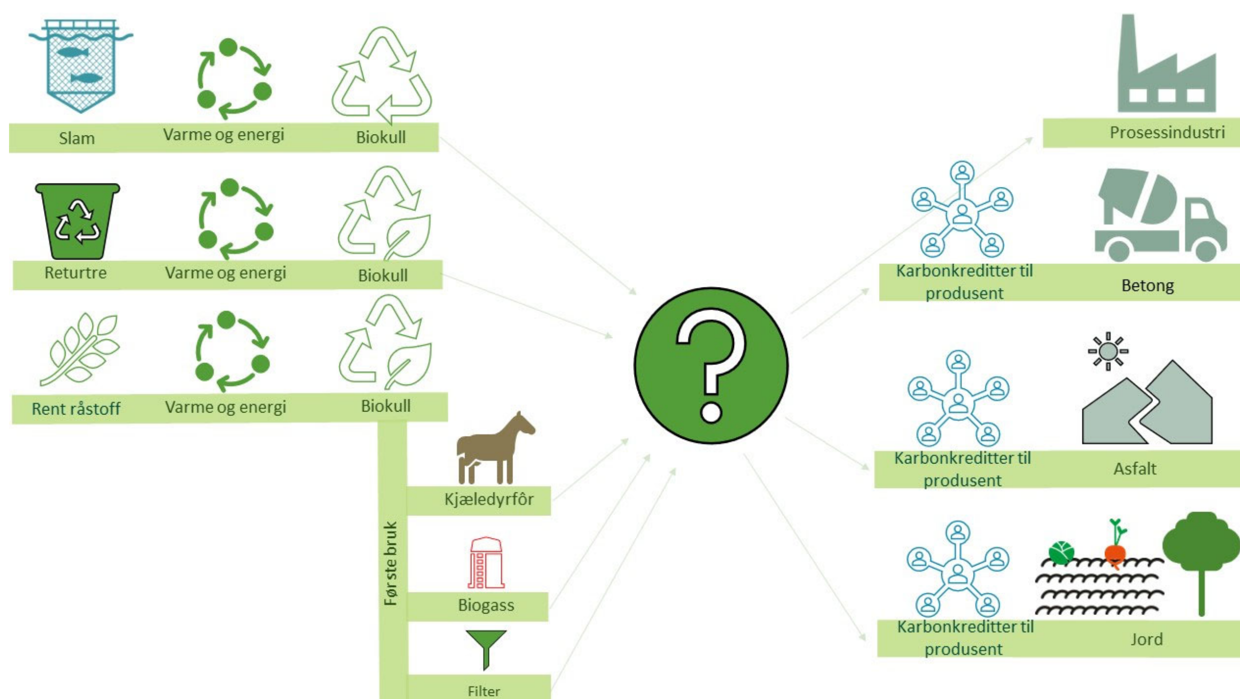
like mye karbon. Det gjenstår likevel å dokumentere disse positive effektene, men foretakene vi snakket med er svært optimistiske. Dyrestrø med biokull er et mulig biokullprodukt som ikke er inkludert i figuren. Vi vet for lite om dette produktets nytteverdi for bonden og ettersom prisen for rent biokull i dag ligger på mer enn 8000 kr/t, er det vår vurdering at et slikt produkt per i dag trolig ville koste mer enn det kan bidra med av merverdi. Det må imidlertid understrekes at dette er dagens vurdering basert på begrenset kunnskap og at markedet er i rask utvikling.

Det frivillige markedet for karbonkreditter kan være en mulighet for ekstra verdiskapning for biokullprodusenten, men er begrenset til biokullprodusenter som kan garantere at deres biokull skal lagres og ikke forbrennes. Derfor er frivillig marked for karbonkreditter i figuren vist som en mulig del av verdikjeden for begge de to potensielle produktene biokullgjødsel og dyrefôr med biokull, fordi disse produktene kan tilføres jord som siste bruk (dersom gjødselvareforskriften overholdes). Imidlertid er det snakk om små mengder biokull i de to produktene, noe som vil begrense klimaeffekten hos den enkelte sluttbrukeren siden det er små mengder biokull blir tilført jorda. Samtidig kan det gi den enkelte biokullprodusent en ekstra inntjening som kan gjøre produktprisen lavere, som igjen kan gi høyere etterspørsel. På lengre sikt kan dette bidra til både bedriftsøkonomiske resultater og gunstige klima- og miljøeffekter.

Dersom det blir etablert et offentlig karbonlagringstilskudd for biokull på jordbruksarealer kan dette påvirke mulighetene for verdikjeder for biokull-gjødsel versus verdikjeder for ubehandlet biokull. Om det da blir mest lønnsomt for jordbruket å bruke rent biokull eller gjødselprodukter med biokull vil da avhenge av kost-nytten av disse gjødselproduktene og størrelsen på tilskuddet. Å lage et gjødselprodukt eller fôrblanding med biokull vil ha en kostnad som gjør at disse produktene har en merpris. Om de økonomiske fordelene (i form av at man kan bruke mindre gjødsel og at jordkvaliteten blir bedre) er større enn merprisen gårdbrukerne må betale for biokull-gjødsel, vil det stimulere til verdikjeder for biokull-gjødsel. Om det motsatte er tilfelle vil et tilskudd i større grad stimulere til verdikjeder for ubehandlet biokull. Et karbonlagringsstilskudd av en viss størrelse er antakelig det som må til for at biokull skal kunne bli et storskala klimatiltak, selv om vi forventer at enkelte biokullprodukter vil kunne bli lønnsomme for sluttbrukeren.

3.4 Biokull og biokullprodukter med uavklarte verdikjeder

Foretakene som deltok i denne undersøkelsen, identifiserte en rekke mulige råstoff og anvendelsesområder for biokull og biokullprodukter hvor det per i dag er betydelig usikkerhet knyttet til om disse skal eller kan tilføres jordbruksjord. Figur 6 viser eksempler på potensielle biokull og biokullprodukter med uavklarte bruksområder.



Figur 6. Uavklarte verdikjeder for biokull

Figur 6 viser et forenklet bilde av potensielle verdikjeder for biokull og biokullprodukter som det er uavklart om kan tilføres jordbruksjord. Til høyre i figuren vises en rekke muligheter for sluttbruk som kan være aktuelle for biokull og biokullprodukter fra forskjellig råstoff som er illustrert til venstre i figuren. Karbonkreditter til produsent er i denne figuren flyttet til den uavklarte delen av verdikjeden (t.h.) fordi produsent må garantere at sluttbruken gir varig lagring og ikke forbrenning som ved bruk i prosessindustrien. Figuren viser en hypotetisk mulighet for karbonkreditter ved alle verdikjeder som trolig kan gi varig lagring, selv om lagring av karbon i betong og asfalt ikke tilbys av f.eks. Puro Earth i dag.

Biokull fra slam (øverst t.v.) kan være både fiskeslam, kloakkslam og annet organisk slam fra for eksempel treforedling, vises med en uavklart bruk i figuren over fordi det kan inneholde nivåer av tungmetaller som etter bestemmelser i Gjødselvareforskriften (§10 & §27) vil ha begrenset tillatt bruk i jordbruksjord (f.eks. kvalitetsklasse I-II), eller som er forbudt å tilføre jordbruksjord (som f.eks. kvalitetsklasse III). Innhold av tungmetaller avgjør hvilke kvalitetsklasse stoffet havner i, og hvilken bruk som er mulig etter forskriften (se tabell 3.1). Imidlertid varierer innholdsstoffer og nivåer mellom ulike typer, kilder og fraksjoner av slam. For eksempel kan slam fra treforedlingsindustri deles inn i en fraksjon av fibermasse og en biologisk fraksjon fra ulike rensetrinn. Mens fibermassen typisk har lave nivåer av tungmetaller, inneholder den biologiske fraksjonen mengder kadmium som er innenfor kvalitetsklasse III i dagens gjødselvareforskrift. Når de to fraksjonene blandes vil materialet imidlertid kvalifiseres som kvalitetsklasse I. Slamprodukter fra treforedlingsindustrien inneholder nitrogen og fosfor, er rikt på karbon og egner seg derfor godt som organisk kompostprodukt i jordblandinger. I Sverige har dette slått an som en del av torverstatningsprodukter, men i Norge har det foreløpig vært lite interesse for et slikt produkt og slammet blir derfor ofte forbrenningsmateriale her til lands (Brod og Knapp Haraldsen, 2017).

Tabell 3. Kvalitetsklasser for jordblandinger

Kvalitetsklasser				
Kvalitetsklasser (Fra lavest til høyest tillatte nivå av tungmetaller)	**Tilførsel til jordbruksjord**	**Tillatt mengde** (TS= tørrstoff)	**Tilførselsinterval**	**Produkttype**
0	X	Etter behov	Etter behov	Gjødsel (*)
I	X	Max. 4 t TS/daa	10 års intervall	Jordforbedring(*)
II	X	Max. 2 t TS/daa	10 års intervall	Jordforbedring(*)
III		Max. 5 cm lag	10 års intervall	

Kilde: Forskrift om organisk gjødsel, 2003; *Haraldsen og Føreid, 2015.
Tabell fra Lilleby, 2020 (oversatt til norsk)

Biokull fra returtre (i midten t.v.), vises med uavklart bruk i figuren på samme grunnlag som slam. Utfordringen med returtre er i mange tilfeller at enkelte fraksjoner inneholder forhøyede nivåer av metaller, mens andre fraksjoner har høy grad av renhet. Ettersom fraksjonene blandes og det ikke finnes noe sorteringssystem eller god nok teknologi for rensing av spiker ol. på plass i dag, vil returtre med dagens regelverk trolig ikke bli godkjent for bruk i jordbruksjord. Under pyrolyse vil organiske miljøgifter, plast, glass ol. i både slam og returtre forbrennes, mens tungmetallene derimot vil oppkonsentreres i biokull 2,5 ganger opprinnelig tungmetallnivå i råstoffet (pers. kom. med Erik Joner, 2021).

Biokull fra rene råstoffer (nederst t.v.) inneholder i utgangspunktet få problematiske stoffer og det er tilsvarende få barrierer i norsk regelverk i dag. Imidlertid kan det ikke utelukkes at potensielle biokull og biokullprodukter fra rene råstoffer allikevel vil inneholde miljøgifter og tungmetaller etter førstegangsbruk, som f.eks. etter anvendelse i biogassanlegg eller i biokullprodukter som kjæledyrfôr og filter. Dette er en problematikk som primært kan tenkes å oppstå for noen mulige biokullprodukter dersom det planlegges minst ett bruksområde før tilførsel til jord. På grunn av lite kunnskap om innholdsstoffer i mulige biokull og biokullprodukter som ved førstegangsbruk anvendes som kjæledyrfôr, i biogassanlegg og filter, blir disse verdikjedene også vurdert som uavklarte.

Sett i lys av dagens barrierer i regelverk og teknologi vil trolig flere potensielle biokull og biokullprodukter som vises i figur 6 ikke kunne brukes i jordbruksjord, men være egnet til treplanting, betong, asfalt og prosessindustri.

Figurene over viser at valg av råstoff vil spille en sentral rolle i utviklingen av verdikjeder for potensielle biokull og biokullprodukter. For eksempel viser figur 6, at virksomheter som ønsker å anvende biokull av «urene» råstoffer og biokullprodukter etter førstegangsbruk, vil i dag møte barrierer i regelverk og lite utviklet renseteknologi, noe som kan gjøre tilførsel til jordbruksjord mindre aktuell lagringsplass for biokull av disse materialene.

3.5 Konkurrerende verdikjeder

Den politisk satsingen på bioøkonomi og sirkulær økonomi kan øke etterspørselen etter organiske råstoffer i tiden framover. I bioøkonomien skal bioenergi erstatte fossilt brensel og alle sidestrømmer og avfall fra produksjon brukes som ressurser og utnyttet til det fulleste. Målet er at de fornybare ressursene skal få tilnærmet evig liv gjennom materialgjenvinning. Bioøkonomien er ingen fjern fremtidsvisjon, men allerede en liten del av verdiskapningen i Norge i dag. I 2016 estimerte regjeringen at omtrent 5 prosent av Norges

arbeidskraft var sysselsatt innenfor tradisjonelle biobaserte næringer, men at potensialet for økt omfang av bioøkonomien er langt større (Nærings- og fiskeridepartementet, 2016).

En studie fra 2018 i regi av Ruralis intervjuet norske virksomheter med tilknytning til bioøkonomien gjennom råvareproduksjon. En klar overvekt av de spurte virksomhetene gir uttrykk for forventet økt etterspørsel etter biomasse mot 2030, som inkluderer både jomfruelig virke som treflis og ved, og sidestrømmer og avfall som slam og returtrevirke, men at dette vil være en del av en internasjonal trend som ikke begrenser seg til Norge (Bjørkhaug, Hansen og Zahl- Thanem, 2018). Dersom omfanget av bioøkonomien øker, ser det ut til at norske virksomheter vil få mange konkurrenter om råstoffer i fremtiden, noe som kan presse prisene opp.

Foruten økt konkurranse om biomasse til fornybare produkter og energi, kan logikken bak en sirkulær bioøkonomi om å gi ressursene tilnærmet evig liv også være en barriere for produksjon av biokull, ettersom biomasse etter pyrolyse ikke lenger vil kunne inngå i et sirkulært løp av materialgjenvinning. På en annen side er det med dagens barrierer i renseteknologi trolig langt frem, hvis i det hele tatt realistisk, med uendelig materialgjenvinning.

Et annet aspekt er hvilken bruk av råstoffene som er mest bærekraftig og klimavennlig. Noen av råstoffene som er vist i figurene 5 og 6 har innholdsstoffer som kan ha samfunnsmessig nytteverdi i andre miljø- og klimatiltak. Det forskes fortsatt mye på hva som er den mest fornuftige bruken av organiske sidestrømmer og avfall fra produksjon av enkelte fornybare ressurser, med avveining av fordeler og ulemper for hver alternative bruk. For eksempel kan fiskeslam inngå som råvare i biogassproduksjon til en lav antatt kostnad for produsent (Miljødirektoratet, 2020). Fiskeslam har et høyt energiinnhold på ca. 20 MJ/kg tørrstoff og blir i dag allerede brukt som råstoff ved flere biogassanlegg i Norge (Cabell mfl. 2019). Miljødirektoratet vurderer at fiskeslam kan bidra med opp mot 270 GWh i biogassproduksjon mot 2030, og dette er kun basert på 10 prosent av vurdert tilgjengelig mengde fiskeslam (Miljødirektoratet, 2020). I tillegg til biogassproduksjon, kan fiskeslammet egne seg i gjødsel- og jordforbedringsprodukter. Forskningsprosjektet Fish2Farm i regi av NIBIO undersøkte gjødselverdien av fiskeslam, som i utgangspunktet er rikt på nitrogen- og fosfor, og konkluderte med at fiskeslam kan bli en organisk gjødsel som kan tilføre jordbruksjord verdifulle næringsstoffer, spesielt dersom det blir mangel på fosfor i fremtiden. En av utfordringene med å utvikle gjødsel- og jordforbedringsprodukter med fiskeslam er at mye av fosforet går tapt i tørkeprosessen med dagens teknologi (Cabell m.fl., 2019). Et nytt forskningsprosjekt (MAFIGOLD), ledet av NIBIO, har som mål å utvikle gode gjødsel- og jordforbedringsprodukter av husdyrgjødsel og fiskeslam. Tekniske løsninger for tørking er en av temaene for dette prosjektet, så tar sikte på å utvikle fullverdige gjødsel- og jordforbedringsblandinger frem mot 2022 (Øgaard m.fl. 2019).

Eksemplet fiskeslam viser at det er interesse hos både industri og forskning til å ta i bruk sidestrømmer og avfallsprodukter som hittil har vært et problem, ved å skape verdikjeder rundt disse der det kan være lønnsomt. Teknologi, regulering, markeder for sluttprodukter vil kunne avgjøre hva disse blir bruk til, men det bør i tillegg vurderes hva det er mest hensiktsmessig for samfunnet å bruke særlig avfall og sidestrømmer med høyt innhold at plantenæringsstoffer til.

Vår undersøkelse viser at biokullprodusentene naturlig nok retter seg mot de markedene som har høyest betalingsvilje, uavhengig av hvilken bruk som er mest miljø- og klimavennlig. Biokull til treplanting i by utgjør et marked som i dag blir identifisert som den mest etablerte, og er villig til å betale den prisen rent biokull koster i dag. Biokull som selges i dette markedet vil riktignok lagres permanent i jord, men ikke komme jordbruket til gode. Det blir også fra noen virksomheter ropt varsko om at det er energiprisene som vil avgjøre om enkelte råstoffer blir til energi eller biokull. Er energiprisene høye, kan det i fravær av en verdi for biokull som klimatiltak som lagrer karbon, være mest økonomisk å selge biomassen til energiformål. I tillegg er prosessindustrien i gang med å erstatte fossilt brensel med biokull som en del av en ny klimavennlig strategi. Prosessindustrien må redusere sine klimagassutslipp for at Norge skal nå sine klimamål og kan potensielt ha behov for store mengder biokull. Dette kan føre til økt konkurranse både om råstoffene og biokull som gjør det enda mindre lønnsomt å bruk biokull i jordbruket.

4 Avsluttende kommentar

Målet med denne undersøkelsen var å samle inn informasjon fra virksomheter som planlegger å produsere biokull eller biokullprodukter for norske markeder, for å undersøke hvilke verdikjeder som kan gjøre biokull til et lønnsomt tiltak for jordforbedring, gjødsling og karbonlagring i jordbruket. Gjennom samtaler med foretakene i denne undersøkelsen har vi lært at det i dag er etablert noen markeder for biokull i Norge og Sverige, hovedsakelig for treplanting i by, kjæledyrfôr og hageeiere (bokashi). Av disse tre er treplanting det markedet som ser ut til å kunne gi mest inntjening til foretakene i dag på grunn av mengdene dette markedet etterspør og betalingsvilligheten. Imidlertid er markedet for treplanting foreløpig kun etablert i Sverige og vi har ennå ikke sett om dette vil slå an i Norge også.

Det er vårt inntrykk at det skjer en rask utvikling både på produksjon og produktutvikling for biokull i dag. Bare siden oppstart av forskningsprosjektet Carbo-Fertil i 2018 er det nå flere aktører som har begynt med biokullproduksjon. De muligheter og barrierer som vi har skrevet om i denne rapporten trenger ikke nødvendigvis være gjeldende om få år. Aktørene vi har snakket med forventer at markedet for biokull vil utvikle seg, og flere arbeider selv med å utvikle biokullprodukter som kan øke verdien av biokullet for sluttbrukeren. Mens de første produsentene av biokull har gjort dette i kombinasjon med varmeproduksjon, ser vi nå at avfallsbransjen er svært interessert, som en del av en økt satsning på mer klima- og miljøvennlig avfallshåndtering. Utfordringene for avfallsbransjen er at råstoffene som er mest aktuelle ikke kan tilføres jordbruksjord med dagens regelverk og teknologiske løsninger, noe som medfører en del usikkerhet for hvordan verdikjedene for deres potensielle biokull- og biokullprodukter vil se ut. Dette er en utfordring for mange råstoff som i utgangspunktet virker lovende for biokullproduksjon, særlig fordi de har liten verdi til annen bruk.

For jordbruket er det i dag to biokullprodukter under utvikling som kan vise seg å bli lønnsomme for biokullprodusentene, biokull i dyrefôr og i gjødselblanding. Dette forutsetter at disse produktene gir bonden en merverdi i form av forbedret dyrehelse og økt jordkvalitet med avlingsøkning og/eller kostnadsbesparelser. Prisen på biokull er imidlertid så høy at det trolig vil være en liten mengde biokull som ender opp i jord gjennom disse produktene. På kort sikt vil disse produktene ikke bidra til at biokull blir et storstilt kabonlagringstiltak i jordbruket. Med en markedspris på over 8000 kr per tonn er biokull i dag et kostbart klimatiltak. Konkurranse om både råvarer og alternativ bruk av biokullet kan bidra til at prisen vil fortsette å være høy også hvis markedet øker.

Frivillige markeder for karbonlagring, slik som Puro Earth, kan bidra til økt verdiskapning med biokull. Særlig i fravær av andre virkemidler som bidrar til å stimulere etterspørsel kan frivillige ordninger som betaler for karbonlagringen bidra til å senke prisen til sluttbruker. Slike ordninger vil kreve både dokumentasjon på at biokullet faktisk blir lagret i jord og andre transaksjonskostnader. Likevel kan det være slike initiativ, pluss engasjement fra særlig produksjonsleddet i verdikjeden, som kan øke interessen for biokull ytterligere.

Litteraturreferanser

BioMaCon (2020). *Products. Decarbo Energy Systems*. Tilgjengelig fra: https://www.biomacon.com/produkte?lang=en

Bjørkhaug, H.; Hansen, L.; Zahl- Thanem, A.(2018). Sektorvise scenarier for bioøkonomien. Ruralis rapport 4/2018. ISSN: 1503-2035. Tilgjengelig fra: https://ruralis.no/wp-content/uploads/2018/08/r4_18-sektorvise-scenarier-for-biokonomien-h-bjrkhaug-l--hansen-og-a--zahl-thanem.pdf

Brod, E.; Knapp.Haraldsen, T.(2017). Miljøvennlige jordblandinger- klima, resirkulering og bruksområder. NIBIO rapport (3) NR. 151, M-901 2017. Tilgjengelig fra: https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/M901/M901.pdf

Cabell, J.; Brod, E.; Ellingsen, J.; Løes, A-K.; Standal, I.B.; Tordnes, B.; Vivestad, H.(2019). Bruk av tørket slam fra settefiskanleggsom gjødsel i norsk landbruk. NIBIO rapport; 5(146) 2019.

Cottis, T. og Solberg, S.T. 2020. Biokull og effekt på avling: Veiledende forsøk. Høskolen i Innlandet; 18/2020. Tilgjengelig fra https://hdl.handle.net/11250/2711677

Forskrift om organisk gjødsel. 2003.Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav av 4.juli 2003 nr. 951.

Fortum (2019). Pressemelding: verdens første markedsplass for CO2- fjerning er lansert. Tilgjengelig fra: https://www.fortum.no/media/2019/04/verdens-forste-markedsplass-co2-fjerning-er-lansert

Haraldsen.K, T., Føreid, B.(2015). Nyttig bruk av organisk avfall. Vurderinger av organisk gjødsel, jordforbedringsmidler og ingredienser i jordblandinger. Rapport fra Bioforsk (10) Nr. 57 2015, M361 2015. Tilgjengelig fra: https://fagus.no/wp-content/uploads/2017/08/Nyttig-bruk-av-organsik-avfall.pdf

Hellin, J. og Meijer, M. 2006. Guidelines for Value Chain Analysis. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy.

Hoffman, T.(2020). Biomacon. Decarbo energy systems. Heat that saves the climate. Presentasjon gitt i forbindelse med webinar «Biokull som klimatiltak, verdikjeden fra råstoff til produkt» den 02.09.2020, i regi av Klima Østfold og Norsk biokullnettverk. Tilgjengelig fra: https://klimaostfold.no/wp-content/uploads/2020/09/Webinar-3-Biomacon-Thomas-Hoffman.pdf

IPCC (2019) 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Calvo Buendia, E., Tanabe, K., Kranjc, A., Baasansuren, J., Fukuda, M., Ngarize S., Osako, A., Pyrozhenko, Y., Shermanau, P. and Federici, S. (eds). Published: IPCC, Switzerland. Tilgjengelig fra:

https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/vol4.html

Joner, E.J., Rasse, D., Budai, A., O´Toole, A. (2017). Biokull. En gammel teknologi med nye oppgaver. Tilgjengelig fra: https://www.nibio.no/tema/jord/organisk-avfall-som-gjodsel/biokull?locationfilter=true

Lilleby, S. (2020). Problems, Policy and Politics: Using the Multiple Streams Framework to Analyse the Biochar Policy Process in the Norwegian Agriculture. Masteroppgave. Sted: Norges Miljø- og biovitenskapelige universitet, Ås.

Lind, V., Sizmaz,Ö., Weldon, S., Miladinovic, D.D., Jørgensen H.M., G. (2020) Biokull og metan fra sau. Tilgjengelig fra: https://www.nibio.no/prosjekter/biokull-og-metan-fra-sau?locationfilter=true

Man, Y.K., Chow, K.L., Man, B.Y., Mo, Y.W., Wong, H.M.(2020). Use of biochar as feed supplements for animal farming. Critical Reviews in Environmental Science and Technology. Vol. 51, 2021- Issue 2. Doi: https://doi.org/10.1080/10643389.2020.1721980

Miljødirektoratet (2020). Klimakur 2030. Tiltak og virkemidler mot 2030. M-1625, 2020. Tilgjengelig fra: https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m1625/m1625.pdf

Miljødirektoratet (2020). Virkemidler for økt bruk og produksjon av biogass. Rapport M- 1652, 2020. Tilgjengelig fra: https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m1652/M1652.pdf

Miljødirektoratet, Statens vegvesen, Kystverket, Landbruksdirektoratet, Norges vassdrags- og energidirektorat, Enova (2020). Klimakur2030. Tilgjengelig fra: https://www.miljodirektoratet.no/klimakur

Nærings- og fiskeridepartementet (2016). Kjente ressurser- uante muligheter. Regjeringens bioøkonomistrategi. Tilgjengelig fra: https://www.regjeringen.no/contentassets/32160cf211df4d3c8f3ab794f885d5be/nfd_biookonomi_strategi_uu.pdf

Puro. Earth (2021). Supplier verification. Tilgjengelig fra: https://puro.earth/supplier-verification/

Rasse, D., Lilleby, S. og O'Toole, A. 2020. Biokull er et effektiv klimatiltak i landbruket. NIBIO POP. 2020, 6 (43).

Schmidt, H.P., Hagemann, N., Draper, K., Kammann, C. (2019). The use of biochar in animal feeding. PeerJ 7:e7373 https://doi.org/10.7717/peerj.7373

Skreiberg, Øyvind (2018). Biokarbon- det nye sorte gullet? Tilgjengelig fra: https://blogg.sintef.no/sintefenergy-nb/biokarbon-det-nye-sorte-gullet/

Stockholms stad (2020a). Växtbäddar. Tilgjengelig fra: https://parker.stockholm/vaxter-djur/trad/vaxtbaddar/

Stockholms stad (2020b). Biokol. Tilgjengelig fra: https://parker.stockholm/vaxter-djur/trad/biokol/

Svineportalen.no (2020) Biokull testes i svinefôr. Tilgjengelig fra: https://svineportalen.no/biokull-testes-i-svinefor/

Øgaard, A.F.; Ayala, V.R.; Persson, T. (2019). MAFIGOLD (Manure, fish sludge, food wastes, from problems to farmers gold). Tilgjengelig fra: https://www.nibio.no/prosjekter/mafigold

Nøkkelord:	Biokull, karbonlagring, pyrolyse, verdikjede
Andre aktuelle publikasjoner fra prosjekt:	https://www.nibio.no/en/projects/carbo-fertil-implementing-biochar-fertilizer-solution-in-norway-for-climate-and-food-production-benefits?locationfilter=true

NIBIO
NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter og et avdelingskontor i Oslo.

Forsidefoto: Annette Tjomsland

nibio.no